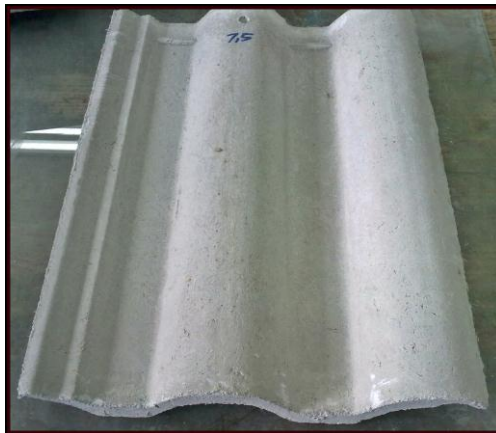




ANALISIS KUALITAS GENTENG BETON DENGAN PENAMBAHAN SERAT AGEL DAN PENGURANGAN PASIR

PROYEK AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memenuhi sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Diploma III



Oleh :

SAKTIANAWATI TYAS HARUM CAHYANI
07510131002

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2011

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

ANALISIS KUALITAS GENTENG BETON DENGAN PENAMBAHAN SERAT SGEL DAN PENGURANGAN PASIR

Dipersiapkan dan disusun oleh :

NAMA : SAKTIANAWATI TYAS HARUM CAHYANI

NIM : 07510131002

Telah dipertahankan di Depan Panitia Penguji Proyek Akhir Jurusan Pendidikan
Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 22 Maret 2011

Dan Dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh Gelar Ahli Madya

SUSUNAN PANITIA PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Drs. Darmono, MT.	Ketua Penguji
Drs. A. Manap, MT	Penguji I
Drs. Pusoko Prapto, MT	Penguji II

Yogyakarta,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Wardan Suyanto, Ed.D

NIP. 19540810 197803 1 001

LEMBAR PERSETUJUAN

Proyek Akhir ini yang berjudul “Analisis Kualitas Genteng Beton dengan Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir” yang disusun oleh :

Nama : Saktianawati Tyas Harum Cahyani

NIM : 07510131002

Kelas : C1

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang Program : Diploma 3

Laporan Proyek Akhir yang disusun oleh penyusun, telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, 9 Maret 2011
Dosen Pembimbing,

Drs. Darmono, MT
19640805 199101 1 001

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Proyek Akhir yang berjudul “Analisis Kualitas Genteng Beton dengan Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir” ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh Gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat lain, kecuali yang telah dituliskan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Maret 2011
Penyusun,

Saktianawati THC
NIM. 07510131002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Kegagalan adalah kesuksesan yang tertunda"
"Yesterday is history, tomorrow is mystery, today is a gift"
"There is a will, there is a way"

PERSEMBAHAN

*Kedua orang tuaku tercinta Muhammad Seswanto dan Darsini, terimakasih
atas doa dan kasih sayang yang kalian berikan*
*Renovita Ayu Dwi Astuti adikku tersayang terimakasih atas doa dan semangat
yang selalu kau berikan*
*Teman-temanku Asri, Ayu, Amy, Cipit, Nita, dan juga saudara-saudaraku
terimakasih atas motivasi yang kalian berikan*
*Teman-teman Struktur C1 Asri, Amy, Anita, Mareta, Royanti, Selly, Cipit,
Sigit, Bangun, Jojo, C Om Jarwo, Didi, Adi Pramono, Farid, Deni, Faisal,
Anang, Kipli, Fajar, Eko, Novita, Yogi, Arif, Sauqi, Hadian, Nurul, kalian
teman terbaikku*
*Terimakasih untuk seseorang yang selalu memberiku semangat dan setia
mendampingiku selama ini dalam suka maupun duka*
Untuk Almamaterku

ANALISIS KUALITAS GENTENG BETON DENGAN PENAMBAHAN SERAT AGEL DAN PENGURANGAN PASIR

Oleh :

Saktianawati Tyas Harum Cahyani
07510131002

ABSTRAK

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat agel ke dalam adukan genteng beton terhadap : (1) sifat tampak genteng beton, (2) ukuran genteng beton, (3) beban lentur genteng beton, (4) penyerapan air (*porositas*) genteng beton, (5) rembesan (*impermeabilitas*) genteng beton, (6) penyerapan panas genteng beton.

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Metode pengujian menggunakan variabel bebas adalah komposisi campuran, variabel terikat adalah kualitas genteng beton, dan variabel pengendali adalah bahan-bahan yang digunakan. Pengumpulan data dilakukan dengan uji Laboratorium berdasarkan SNI dan PUBLI. Jenis pengujian meliputi : (1) sifat tampak genteng beton, (2) ukuran genteng beton, (3) beban lentur genteng beton, (4) penyerapan air (*porositas*) genteng beton, (5) rembesan (*impermeabilitas*) genteng beton, (6) penyerapan panas genteng beton. Analisis data dilakukan dengan menghitung rata-rata hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan SNI dan PUBLI.

Hasil pengujian genteng beton menggunakan bahan tambah serat agel untuk campuran 1 semen : 2 kapur : 2,5 pasir adalah : Hasil pengujian sifat tampak luar genteng beton permukaan atasnya mulus, kerataannya 3 mm, tidak terdapat retak atau cacat lain yang mempengaruhi sifat pemakaian dan juga siku, tidak berongga dan kuat. Hasil uji ukuran genteng beton $P = 39$ mm, $L = 29$ mm, tebal bagian yang rata = 9 mm, tebal penumpangan = 8 mm, panjang kaitan = 45 mm, lebar kaitan = 12 mm, tinggi kaitan = 10 mm, lebar penumpangan = 80 mm, ke dalam alur penumpangan = 3 mm, jumlah alur penumpangan 1. Beban lentur rata-rata pada penambahan serat 0% = 166,66 kg; 2,5% = 130 kg; 5% = 136,67 kg; dan 7,5% = 153 kg. Hasil pengujian penyerapan air (*porositas*) rata-rata genteng beton pada penambahan serat 0% = 7,85%; 2,5% = 6,30%; 5% = 8,98%; dan 7,5% = 8,95%. Hasil pengujian rembesan (*impermeabilitas*) pada penambahan serat 0% tidak rembes, 2,5% tidak rembes, 5% tidak rembes, dan 7,5% juga tidak rembes. Hasil pengujian penyerapan panas pada penambahan serat 0% = 73,68%; 2,5% = 70,18%; 5% = 70,76%; 7,5% = 71,93%. Dari pengujian di atas maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak serat yang ditambahkan dalam adukan genteng beton maka semakin besar beban lentur yang dihasilkan.

Kata kunci : *genteng beton, agel, dan serat*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayahnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir dengan judul "Analisis Kualitas Genteng Beton dengan Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir" dapat terselesaikan dengan lancar. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan nabi besar kita Muhammad SAW yang telah telah menuntun kita menuju jalan yang benar. Laporan Proyek Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Ahli Madya pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

Sehubungan dengan terselesainya Laporan Proyek Akhir ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak- pihak yang telah membantu, yaitu kepada :

1. Bapak Wardan Suyanto, Ed.D; selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Drs. Agus Santoso, M.Pd; selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Drs. Darmono, M.T; selaku pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan pada penulis sehingga proyek akhir ini dapat terselesaikan dengan lancar.
4. Bapak Totok; selaku pemilik pabrik genteng beton "Tri Harto" yang telah mengijinkan penulis melakukan praktik pembuatan genteng beton dengan

bahan tambah serat agel.

5. Teman-teman Teknik Sipil UNY angkatan 07 Asri, Ami, Nita, Mareta, Royanti, Selly, Jarwo, Didi, Bangun, Sigit, Adi, Faisal, Nurul, Farid, Anang, Kipli, Fajar, Deni, Hadian, Cipit, yang telah memberikan dukungan dan motivasi sehingga proyek akhir ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Sudarman, S.Pd; selaku Teknisi Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta.
7. Orang tuaku tercinta yang selalu memberikan doa dan motivasi.
8. Teman-teman seperjuangan Asri, Ami, Nita, dan Cipit terima kasih buat semuanya.
9. Semua pihak yang telah membantu kelancaran Proyek Akhir ini.
10. Semua keluargaku yang ada di Wonogiri.

Penulis menyadari bahwa laporan Proyek Akhir ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan laporan ini. Segala hormat dan kerendahan hati, dengan ini penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi para pembaca.

Yogyakarta, Februari 2011

Penyusun,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR BAGAN	xv
DAFTAR GRAFIK	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan.....	7
F. Manfaat.....	7
G.....	Ke
aslian Gagasan	8

BAB II. KAJIAN TEORI.....	9
A. Bahan Pembuatan Genteng Beton.....	9
B. Genteng Beton.....	26
C. Kualitas Genteng Beton.....	28
D. Hasil Pengujian Sebelumnya.....	32
BAB III. KONSEP RANCANGAN PENELITIAN.....	37
A. Tempat dan Waktu Penelitian	37
B. Populasi dan Sampel	37
C. Data Penelitian	37
D. Alat dan Bahan Penelitian	38
E. Prosedur Penelitian.....	50
F. Analisis Data	60
BAB IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....	63
A. Hasil Pengujian Bahan	63
B. Pembahasan	74
BAB V. KESEVIPULAN SARAN	79
A. Kesimpulan.....	79
B. Saran.....	80
C. Keterbatasan Pengujian	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	84

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kandungan Senyawa dan Mineral	11
Tabel 2. Syarat Mutu Kekuatan Adukan Semen Portland.....	12
Tabel 3. Syarat Kandungan Kimiawi yang Harus Dipenuhi Oleh Semen Portland.	12
Tabel 4. Batas-batas Gradasi Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-1992	17
Tabel 5. Syarat Mutu Kapur Aduk	19
Tabel 6. Syarat Mutu Kapur Padam	20
Tabel 7. Kuat Tarik Serat Daun.....	25
Tabel 8. Kuat Tarik Serat Batang	25
Tabel 9. Syarat Mutu Kuat Lentur Genteng Beton.....	30
Tabel 10. Ukuran Bagian Genteng Beton.....	30
Tabel 11. Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal	31
Tabel 12. Karakteristik Genteng Beton Serat Menurut beberapa Peneliti	35
Tabel 13. Karakteristik Bahan Susun Genteng Beton Menurut Beberapa Peneliti	36
Tabel 14. Rencana Perbandingan Bahan Susun Genteng Beton	55
Tabel 15. Daftar Koefisien Serapan Kalor	60
Tabel 16. Pengujian Ukuran Genteng Beton	66
Tabel 17. Hasil Pengujian Beban Lentur Genteng Beton.....	67
Tabel 18. Hasil Uji Lentur untuk Variasi Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir 0%	69

Tabel 19. Hasil Uji Lentur untuk Variasi Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir 2,5%	69
Tabel 20. Hasil Uji Lentur untuk Variasi Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir 5%	70
Tabel 21. Hasil Uji Lentur untuk Variasi Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir 7,5%	71
Tabel 22. Rata-rata <i>Porositas</i> Genteng Beton	72
Tabel 23. Pengujian Pengendalian Absorpsi Panas	73
Tabel 24. Pengujian Penyerapan Panas	74

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Timbangan dengan Ketelitian 0,001 Gram.....	38
Gambar 2. Timbangan dengan Ketelitian 0,1 Gram	39
Gambar 3. Jangka Sorong	39
Gambar 4. Meteran	40
Gambar 5. Oven.....	41
Gambar 6. Ayakan dan Mesin Penggetar	41
Gambar 7. Picnometer	42
Gambar 8. Mistar/Penggaris	42
Gambar 9. Gelas Ukur Kaca	43
Gambar 10. Gelas Ukur Plastik	43
Gambar 11. Mesin Uji Kuat Lentur.....	44
Gambar 12. Papan Penekan	44
Gambar 13. Cetakan Genteng Beton	45
Gambar 14. Papan Pengering Genteng Beton	46
Gambar 15. Cetok.....	46
Gambar 16. Bak Pengaduk	47
Gambar 17. Gunting	47
Gambar 18. Takaran Adonan	48
Gambar 19. Bak Perendam.....	48
Gambar 20. Mal Rembesan	49

Gambar 21. Kotak Kayu	49
Gambar 22. Gambar Bahan-bahan Genteng beton.....	50
Gambar 23. Pengujian Beban Lentur	57
Gambar 24. Pengujian Rembesan (<i>permeabilitas</i>) Genteng Beton.....	58
Gambar 25. Pengujian Penyerapan Air (<i>porositas</i>) Genteng Beton.....	59
Gambar 26. Pengujian Penyerapan Panas	60

DAFTAR BAGAN

	Halaman
Bagan 1. Diagram Alir Penelitian	51
Bagan 2. Hubungan Antar Variabel Desain Peneliti	53

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 1. Grafik Rata-rata Beban Lentur Genteng Beton.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pembangunan merupakan salah satu tolak ukur kemakmuran di suatu negara karena semakin banyak pembangunan yang dilakukan maka secara otomatis semakin banyak pula fasilitas-fasilitas yang dapat digunakan oleh warganya. Pembangunan di Indonesia pada tahun ini dirasakan semakin meningkat seiring dengan laju perkembangan penduduk. Kebutuhan akan perumahan sendiri dapat terpenuhi dengan menyediakan bahan bangunan yang memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI.

Bahan bangunan yaitu semua bahan olahan yang mempunyai bentuk baraturan dan ukuran tertentu yang digunakan sebagai bahan untuk membuat elemen bangunan. Elemen bangunan merupakan suatu bagian fungsional dari suatu bangunan yang terbuat dari bahan bangunan atau komponen bangunan, bagian dari suatu bangunan itu biasanya terdiri dari, lantai, atap, dan dinding.

Atap merupakan salah satu bagian bangunan yang berfungsi untuk melindungi penghuni dari panas dan hujan. Atap rumah biasanya menggunakan seng atau genteng. Genteng sendiri ada dua macam yaitu genteng beton dan genteng tanah liat.

Dengan banyaknya pembangunan yang dilakukan maka sangat dibutuhkan bahan penutup atap yang baik, yaitu penutup atap yang memenuhi persyaratan kuat, ringan, dan kedap air. Dari berbagai jenis penutup atap, genteng beton merupakan salah satu penutup atap yang baik, namun tidak banyak masyarakat yang menggunakan genteng beton, selain harganya yang lebih mahal

dibandingkan dengan genteng lain, genteng beton juga termasuk penutup atap yang cukup berat, sehingga memerlukan konstruksi atap yang kuat agar dapat menahan beban genteng yang berat ini.

Usaha perbaikan genteng beton terus dilakukan oleh para peneliti yakni dengan mengadakan penelitian-penelitian untuk memperbaiki sifat kurang baik dari genteng beton. Dalam beberapa produksi genteng beton yang sudah ada, beberapa produsen mencetak genteng beton dibuat lebih tipis dari yang sebelumnya dengan tujuan agar genteng beton lebih ringan. Namun usaha memperbaiki sifat kurang baik dari genteng beton tersebut dirasa masih kurang memuaskan, sehingga perlu inovasi baru dalam pembuatan genteng beton. Salah satu usaha untuk memperbaiki sifat kurang baik dari genteng beton adalah dengan menambahkan serat ke dalam adukan genteng beton, agar genteng beton dapat dibuat menjadi lebih ringan, sehingga dapat meringankan konstruksi atap, namun tetap mempunyai kekuatan yang sama dengan genteng beton biasa, seperti penelitian yang telah dilakukan Rosadhan, Dwiyono, Wiyadi, dan Warih Pambudi, serat yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah serat ijuk dan serat sabut kelapa. Untuk itu peneliti mencoba menggunakan serat lain dalam adukan genteng beton yaitu serat agel, penelitian ini dimaksudkan agar dapat mengetahui kualitas genteng beton dengan bahan tambah serat dan menambah nilai jual dari serat agel.

Genteng beton adalah unsur bangunan yang dibuat dari campuran bahan-bahan seperti : semen portland, agregat halus, air dan atau tanpa kapur, pasir atau teras, dan bahan pembantu lainnya, yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk atap.

Genteng beton merupakan genteng yang cukup baik untuk atap rumah. Dalam penelitian ini peneliti mencoba memanfaatkan serat agel sebagai bahan tambah pembuatan genteng beton karena serat agel merupakan serat yang cukup kuat dan bersifat ringan. Dengan penambahan serat agel kedalam adukan genteng beton diharapkan dapat menambah kekuatan genteng beton yaitu beban lenturnya tinggi, serta genteng yang dihasilkan lebih tipis dan ringan namun dapat menahan rembesan dan memiliki kuat lentur maksimum, sesuai dengan persyaratan SNI.

B. Identifikasi Masalah

Genteng beton sebagai bahan penutup atap yang baik kini kurang diminati banyak masyarakat umumnya dikarenakan akhir-akhir ini banyak terjadi gempa, selain itu karena genteng beton lebih berat dibanding genteng lainnya penggunaan genteng beton juga memerlukan rangka yang kuat. Namun sesuai sifat dasar genteng beton pada khususnya dan beton pada umumnya, sebagai bahan dasar pembuatnya memiliki sifat kurang mampu menahan tank, lentur, bersifat getas dan berat sendirinya besar. Usaha perbaikan kualitas genteng beton sampai sekarang ini masih terus dilakukan, bahkan sampai pada upaya untuk membuat genteng beton itu ringan tapi mempunyai kualitas yang baik.

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diidentifikasi masalah dalam penelitian ini. Untuk memanfaatkan dan menambah nilai jual dari serat agel maka peneliti mencoba memanfaatkan serat agel sebagai bahan tambah dalam pembuatan genteng beton.

Serat agel adalah serat yang terbuat dari janur puhon gebang atau tali pilinan pucuk pohon gebang yang dapat dijumpai di Kecamatan Sentolo Kabupaten Kulonprogo, serat agel biasanya dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kerajinan tangan. Serat agel yang dipakai sebagai bahan tambah pembuatan genteng beton ini adalah serat agel kering yang telah dipotong-potong berukuran kecil, difungsikan sebagai serat dalam pembuatan genteng beton agar genteng dapat dibuat lebih tipis dan ringan dari aslinya namun tetap mempunyai kekuatan yang sama dengan genteng beton yang asli. Penelitian ini mengacu pada SNI, PUBI, dan SII adapun pengujian genteng yang akan dilakukan adalah pengujian kuat lentur geteng beton, pengujian porositas genteng beton, pengujian rambatan panas (uji, ternal) genteng beton, dan pengujian rembesan air genteng beton. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan genteng beton yang ringan dengan kualitas yang lebih baik dan penelitian yang sebelumnya.

Penambahan serat dalam adukan beton yang memberikan perbaikan beberapa sifat beton perlu diaplikasikan pada pembuatan genteng beton. Panjang serat yang ditambahkan dalam adukan genteng beton adalah 1 cm. Serat yang terlalu pendek akan mudah tercabut dan serat yang terlalu panjang akan mengakibatkan kesulitan dalam pengerjaan yaitu akan terjadi penggumpalan. Jumlah serat yang sedikit belum berpengaruh, tetapi sebaliknya jumlah serat yang terlalu banyak akan mengakibatkan kesulitan dalam pengerjaan.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi permasalahan yang mungkin terjadi, batasan masalah pada Proyek Akhir ini hanya dibatasi mengenai studi pembuatan genteng beton dengan bahan tambah serat agel, batasan-batasan masalah meliputi:

1. Komposisi campurannya adalah:
 - a. 1pc: 2kp: 2,5ps: 0% serat agel dari berat pasir
 - b. 1pc: 2kp: 2,5ps: 2,5% serat agel dari berat pasir
 - c. 1pc: 2kp: 2,5ps: 5% serat agel dari berat pasir
 - d. 1pc: 2kp: 2,5ps: 7,5% serat agel dari berat pasir
2. Serat agel yang digunakan dalam kondisi kering alami dan dipotong–potong dengan panjang $\pm 1-2$ cm.
3. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland* komposit dengan merk Tiga Roda dengan kemasan 40 kg .
4. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir dari Sungai Progo. Kondisi pasir yang digunakan butirannya lolos ayakan 5 mm.
5. Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur yang berasal dari Gunung Makmur .
6. Air yang digunakan dalam pembuatan genteng beton ini adalah air sumur dari tempat pembuatan genteng beton.
7. Pengujian yang akan dilakukan meliputi:
 - a. Pengujian sifat tampak luar
 - b. Pengujian penyimpangan ukuran
 - c. Pengujian kerataan

- d. Pengujian beban lentur
 - e. Pengujian daya serap air (*porositas*)
 - f. Pengujian ketahanan terhadap rembesan air (*impermeabilitas*)
 - g. Pengujian penyerapan panas
8. Pembuatan benda uji pada Proyek Akhir ini dilakukan berdasarkan atas kenyataan lapangan, dimana dalam pembuatan benda uji dilakukan pengujian terhadap kualitas agregat penyusun, seperti pemeriksaan gradasi agregat, pemeriksaan berat jenis, pemeriksaan kadar air dan pemeriksaan berat satuan.

D. Rumusan Masalah

Dengan penambahan serat agel kedalam adukan genteng beton:

1. Apakah genteng beton yang dihasilkan memenuhi syarat SNI ditinjau dari pengujian sifat tampak luar?
2. Apakah genteng beton yang dihasilkan memenuhi syarat SNI ditinjau dari pengujian penyimpangan ukuran?
3. Apakah genteng beton yang dihasilkan memenuhi syarat SNI ditinjau dari pengujian kerataan?
4. Apakah genteng beton yang dihasilkan memenuhi syarat SNI dan PUBI ditinjau dari pengujian beban lentur?
5. Apakah genteng beton yang dihasilkan memenuhi syarat SNI ditinjau dari pengujian daya serap air (*porositas*)?

6. Apakah genteng beton yang dihasilkan memenuhi syarat SNI ditinjau dari pengujian ketahanan terhadap rembesan air (*impermeabilitas*)?
7. Berapakah besar penyerapan panas genteng beton akibat penambahan serat agel dan pengurangan pasir yang berbeda?
8. Bagaimana perbedaan beban lentur genteng beton dengan penambahan serat agel dan pengurangan pasir yang berbeda?

E. Tujuan

1. Untuk mengetahui kualitas genteng beton dengan penambahan serat agel, adapun pengujian kualitas yang akan dilakukan meliputi pengujian kuat lentur genteng beton, pengujian ternal genteng beton, pengujian porositas genteng beton dan pengujian rembesan air (rapat air) genteng beton.
2. Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh penambahan serat agel terhadap kualitas genteng beton.
3. Untuk mengetahui kualitas genteng beton tanpa bahan tambah serat dan genteng beton dengan bahan tambah serat agel.
4. Untuk menghasilkan genteng beton yang lebih tipis, lebih ringan, namun memiliki kekuatan yang sama dengan genteng yang asli

F. Manfaat

1. Hasil dan penelitian ini dapat dijadikan informasi bahwa serat agel dapat dimanfaatkan sebagai campuran dalam pembuatan genteng beton.

2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas genteng beton, sehingga dapat mendukung usaha pengadaan bahan bangunan yang berkualitas sesuai dengan SNI.
3. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan inovasi dalam pembuatan genteng beton.
4. Mengetahui kekuatan genteng beton yang dihasilkan dengan bahan tambah serat agel.
5. Dapat mendorong munculnya ide baru untuk mencari metode-metode terbaik dalam pembuatan bahan bangunan terutama genteng beton.
6. Menambah nilai guna dari serat agel.

G. Keaslian Gagasan

Pengujian genteng beton dengan bahan tambah serat agel ini merupakan hasil inovasi dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya tetapi berbeda komposisi campuran dan bahan tambah yang digunakan. Inovasi penambahan serat agel kedalam genteng beton ini bertujuan untuk menghasilkan genteng beton yang lebih tipis, lebih ringan, mencapai beban lentur maksimal sesuai dengan persyaratan SNI dan PUBLI. Penambahan serat dalam adukan genteng beton dapat meningkatkan beban lentur, dan genteng beton yang dihasilkan lebih ringan (Dwiyono, 2000).

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Bahan Pembuatan Genteng Beton

1. Semen

Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Semen Portland jika diaduk dengan air akan terbentuk menjadi pasta semen, sedangkan jika dicampur dengan pasir kemudian diaduk dengan air menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil atau batu pecah disebut beton.

Semen Portland adalah bahan pembentuk beton yang dibuat melalui beberapa langkah sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif maupun kohesif. Semen Portland berperan sebagai bahan pengikat hidrolis yang mengikat seluruh bahan adukan atau campuran pokok pembuatan beton maupun bahan adukan untuk pasangan.

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker, yang terdiri terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu (PUBI, 1982). Bahan-bahan baku pembuatan semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur, silica, alumina, oksida besi dan oksida lain (Wuryati S. & Candra R, 2001:1). Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland dapat dibagi dalam 5 jenis, yaitu sebagai berikut :

- a) Jenis I : Untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya.

- b) Jenis II : Untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
- c) Jenis III : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan hidrasi kekuatan awal yang tinggi.
- d) Jenis IV : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- e) Jenis V : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Di dunia sebenarnya banyak terdapat berbagai macam semen, dan tiap macamnya digunakan untuk kondisi-kondisi tertentu sesuai dengan kondisinya yang khusus. Sedangkan semen Portland berfungsi sebagai bahan perekat hidrolis yang dapat mengeras apabila bersenyawa dengan air dan akan membentuk benda padat yang tidak larut dalam air. Semen Portland yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambah beberapa, satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lain, misalnya kalsium klorida ditambahkan untuk menjadi semen yang cepat mengeras (Tjokrodimuljo, 1996).

Dalam semen portland terdapat senyawa yang kompleks yang lazim disebut sebagai senyawa semen atau mineral-mineral klinker, seperti pada Tabel 1. berikut :

Tabel 1. Kandungan Senyawa dan Minerel (Michaels dalam Teknologi Beton, Wuryati S dan Candra R, 2001 : 2),

Minerel-mineral Klinker	Rumusan Kimia	Rumusan Singkatan	Kadar Rata-rata (%)
Trikalsium silikat	3 CaO.SiO ₂	C ₃ S	37-60
Dikalsium silikat	2 CaO.SiO ₂	C ₂ S	15-37
Trikalsium aluminat	3 CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A	7-15
Tetrakalsium alumina ferit	4 CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	10-20
Kapur	CaO	-	≤ 1
Gips	CaCO ₄	-	≤ 3

Semen Portland Pozzolan (PPC) adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen Portland dan pozzolan halus, yang diproduksi dengan cara menggiling klinker semen Portland dengan bubuk semen pozzolan 6% sampai dengan 40% massa semen Portland (SII 15-0302-2004).

Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat dogolongkan kedalam empat bagian, yaitu : trikalsium silikat (C₃S), dikalsium silikat (C₂S), trikalsium aluminat (C₃A), dan tetrakalsium aluminoforit. Unsur C₃S dan C₂S merupakan bagian terbesar (70% - 80%) dari semen, sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodimuljo, 1996:6-7).

Perubahan kimia semen yang dihasilkan dengan cam mengubah presentasi 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan pemakaiannya. Menurut SII 0013-81 di Indonesia semen Portland dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

- a) Jenis I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- b) Jenis II, yaitu semen Portland yang dalam kegunaannya memerlukan

ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

- c) Jenis III, yaitu semen Portland dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikat terjadi.
- d) Jenis IV, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya menurut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- e) Jenis V, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Ditinjau dari kekuatannya semen Portland dibedakan menjadi empat, yaitu : semen Portland mutu S-400, S-475, S-550, dan semen Portland mutu S-S.

Table 2. Syarat Mutu Kekuatan Adukan Semen Portland (Wuryati S & Candra R, 2001:9

Kekuatan Adukan Pada Umur (kg/cm²)	S-325	S-400	S-475	S-550	S-S
1 hari	-	-	-	-	225
3 hari	200	250	300	350	425
7 hari	275	325	375	450	525
28 hari	325	400	475	55	-

Tabel 3. Syarat Mutu Kandungan Kimiawi yang Harus Dipenuhi Oleh Semen Portland (Wuryati S & Candra R, 2001:10

Sifat-sifat yang Diuji	Semen Portland Mutu				
	I	II	III	IV	V
Kadar bagian yang tidak larut, % maks.	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Kadar MgO, % maks.	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Kadar SO ₃ , % maks.	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Kadar hilang pijar, % maks.	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Kadar alkali sebagai % Na ₂ O maks.	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

2. Pasir

Pasir adalah butiran halus yang terdiri dari butiran berukuran 0,15-5 mm yang didapat dari hasil desintegrasi batuan alam atau juga dari pecahan batuan alam (Tjokrodimuljo, 1996). Menurut asalnya pasir alam digolongkan menjadi 3 macam yaitu (Tjokrodimuljo, 1996) :

- a. Pasir galian yaitu pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya berbutir tajam, bersudut, berpori dan bebas kandungan garam.
- b. Pasir sungai yaitu pasir yang diperoleh langsung dari dasar sungai yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Bila digunakan sebagai bahan susun beton daya lekat antar butirannya agak kurang, tetapi karena butirannya yang bulat maka cukup baik untuk memplester tembok.
- c. Pasir laut yaitu pasir yang diambil dari pantai, butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan jenis pasir yang paling jelek dibandingkan pasir galian dan pasir sungai. Apabila dibuat beton maka harus dicuci terlebih dahulu dengan air tawar karena pasir ini akan menyerap banyak kandungan air di udara dan pasir ini selalu agak basah, juga menyebabkan pengembangan volume pasir bila sudah menjadi bangunan.

(1) Berat Jenis Pasir

Menurut Tjokrodimuljo (1998), berat jenis pasir ialah rasio antara massa padat pasir dan massa air dengan volume dan suhu yang sama. Berat jenis pasir dari agregat normal adalah 2,5-2,7; berat jenis pasir dari agregat berat adalah lebih dari

2,8 dan berat jenis pasir dari agregat ringan adalah kurang dari 2,0 (Tjokrodimuljo, 1996). Berat jenis pasir dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Berat Jenis Pasir} = \frac{A}{(A+B)-C}$$

Keterangan A = W serat
 B = W air + pikno
 C = W pikno air + serat

(2) Berat Satuan Pasir

Menurut Tjokrodimuljo (1998), berat satuan pasir adalah berat pasir dalam satu satuan volume. Berat satuan dihitung berdasarkan berat pasir dalam satuan bejana dibagi volume bejana tersebut, sehingga yang dihitung adalah volume padat pasir (meliputi volume tertutup dan volume pori terbukanya). Berat satuan pasir dan agregat normal adalah 1,20-1,60 gram/cm³ (Tjokrodimuljo, 1996).

Menurut Tjokrodimuljo (2002), pasir dari breksi batu ringan asal desa Bawuran, kecamatan Pleret, kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, memiliki berat satuan 0,97 gram/cm³ sehingga dapat dikategorikan sebagai agregat ringan.

(3) Kadar Air Pasir

Kadar air pasir dihitung berdasarkan perbandingan berat pasir dalam kondisi jenuh kering muka atau **SSD (*Saturated Surface Dry*)** dikurang berat pasir kondisi kering tungku, terhadap berat pasir kondisi kering tungku (Kusumawardaningsih, 2003). Yang dimaksud pasir dalam kondisi jenuh kering muka (SSD) adalah pasir yang permukaannya kering, tetapi butiran-butirannya berisi air sejumlah yang diserap. Dengan demikian butiran-butiran agregat pada

tahap ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton (Tjokrodimuljo, 1992). Kadar air pasir dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar Air Pasir} = \frac{W_0 - W_4}{W_4} \times 100\%$$

Keterangan W_0 = berat pasir SSD (gram)
 W_4 = berat pasir kering tungku (gram)

(4) Gradasi Pasir

Gradasi Pasir adalah distribusi ukuran butir pasir. Bila butir-butir pasir mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi lebih sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi (Tjokrodimuljo, 1998).

Untuk menyatakan gradasi pasir, dipakai nilai presentase berat butiran yang tertinggal atau lewat dalam susunan ayakan. Susunan ayakan pasir yang dipakai adalah 10; 4,80; 2,40; 1,20; 0,60; 0,30; 0,15 mm.

Hasil yang diperoleh dari pemeriksaan gradasi pasir berupa modulus halus butir (mhb) dan tingkat kekasaran pasir. Mhb menunjukkan ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat yang dihitung dari jumlah persen kumulatif tertahan dibagi 100. Makin besar nilai mhb menunjukkan semakin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya nilai mhb pasir berkisar antara 1,5-3,8 (Tjokrodimuljo, 1998).

Berdasarkan *British Standard* yang juga dipakai dalam SK SNI-T-15-1990-03 (Tjokrodinuljo, 1998) tentang Standar Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, kekasaran pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, pasir agak halus, pasir agak kasar dan pasir kasar.

Pasir beton adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butirannya sebagian besar terletak antara 0,75-5 mm, dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5% (PUBI, 1982:17). Persyaratan pasir beton menurut PUBI 1982 :

- a. Pasir beton harus bersih, bila diuji memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan pasir yang kelihatan dibandingkan dengan tinggi seluruh endapan tidak kurang dari 70%.
- b. Kandungan bagian yang lewat ayakan 0,063 mm tidak lebih dari 5% berat (kadar lumpur)
- c. Angka kehalusan fineness modulus terletak antara 2,2-3,2 bila diuji memakai rangkaian ayakan dengan mata ayakan berukuran berturut-turut 0,16-0,35; 0,63-1,25, 2,5-5-10 mm dengan fraksi yang lewat ayakan 0,3 mm minimal 15% berat.
- d. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Untuk itu bila dalam larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- e. Kekekalan terhadap larutan Na_2SO_4 atau MgSO_4 :
 - Terhadap larutan Na_2SO_4

Fraksi yang hancur tidak lebih dari 12% berat

- Terhadap larutan $MgSO_4$

Fraksi yang hancur tidak lebih dari 10%

- f. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.

Agregat halus adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. SNI 03-2834-1992 mengklasifikasikan distribusi ukuran butiran agregat halus menjadi 4 daerah atau zone yaitu zone I (kasar), zone II (agak kasar), zone III (agak halus), zone IV (halus) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Batas-batas gradasi agregat halus menurut SNI 03-2834-1992

Ukuran Saringan	Presentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zone I	Gradasi Zone II	Gradasi Zone III	Gradasi Zone IV
9,60 mm	100	100	100	100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

3. Kapur

Kapur untuk bahan bangunan dibagi dalam 2 macam berdasarkan penggunaan yaitu kapur pemutih dan kapur aduk. Kedua macam kapur tersebut boleh terdapat dalam kapur tohor, maupun kapur padam. Disamping itu, kapur dapat diklasifikasikan dalam jenis-jenis kapur sebagai berikut (PUBI, 1982:7-8) :

- Kapur tohor yaitu :

Hasil pembakaran batu alam yang komposisinya adalah sebagian besar kalsium karbonat; pada suhu sedemikian tinggi, sehingga jika diberi air dapat terpadamkan (dapat bersenyawa dengan air membentuk hidrat).

- Kapur padam yaitu :

Hasil pemadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat.

- Kapur udara yaitu :

Kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu hanya dapat mengeras di udara karena pengikatan karbon dioksida (CO_2).

- Kapur hidrolis yaitu :

Kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras, baik di dalam air maupun di udara.

- Kapur magnesa yaitu :

Kapur yang mengandung lebih dari 5% magnesiumoksida (MgO), dihitung dari contoh kapur yang dipijarkan.

Kapur juga dapat disebut dengan semen non hidrolik karena fungsinya hampir sama dengan semen tetapi kapur tidak dapat mengikat dan mengeras dalam air. Kapur untuk bahan bangunan dibagi dalam 2 macam berdasarkan penggunaannya yaitu kapur pemutih dan kapur aduk. Kedua macam kapur tersebut boleh terdapat dalam kapur tohor maupun kapur padam.

Batu kapur atau gamping adalah jenis batuan yang merupakan hasil pengendapan secara kimia dari larutan-larutan yang kaya akan unsur karbonat (CaCO_3). Batu kapur di alam biasanya tidak murni dari unsure karbonat saja,

tetapi masih bercampur unsur lain yang besarnya bervariasi tergantung darimana daerah pengendapannya (Sumardjito dkk, 1992:4).

Kapur memiliki sifat-sifat dan pemakaiannya sebagai bahan bangunan. Sifat kapur sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut : (1) Mempunyai sifat plastis yang baik atau tidak getas, (2) Sebagai mortar memberi kekuatan pada tembok, (3) Dapat mengeras dengan mudah, (4) Mudah dikerjakan, (5) Punya ikatan yang baik dengan batu atau bata (Kardiyono, 1995).

Batu kapur juga dapat digunakan untuk keperluan antara lain sebagai berikut : (1) sebagai bahan ikat pada mortar, (2) sebagai bahan ikat pada beton, bila dipakai bersama-sama dengan semen portland, sifatnya dapat menjadi lebih baik dan dapat mengurangi kebutuhan semen.

Kapur padam dan kapur mill diperoleh dengan bahan yang sama yaitu dari batu kapur (Lime Stone) dengan rumus kimia CaCO_3 dan senyawa $\text{CaO} + \text{CO}_2$. Perbedaan dari kedua jenis batu kapur tersebut terletak pada prosesnya.

Kapur padam diperoleh dari batu kapur yang diproses dengan cara kimiawi, yaitu dengan proses pembakaran pada suhu tinggi sehingga akan berubah menjadi CaO . Kemudian CaO_2 hilang pada proses pembakaran. CaO sering juga disebut kapur tohor dan diberi air akan menjadi kapur padam Ca(OH)_2 . Kapur padam yang akan digunakan sebagai bahan bangunan khususnya untuk kapur aduk, menurut 511.0024-73 harus memenuhi syarat sebagai berikut :

Tabel 5. Syarat Mutu Kapur Aduk

No.	Jenis Syarat Mutu	Tingkat Mutu		
		I	II	III
1	Kehalusan			
	-Sisa pada ayakan	0%	0%	0%
	-Sisa pada ayakan berlobang 4,8 mm	0%	0%	Max 5%

2	Kekuatan aduk Kubus spesi campuran 1 kp : 3 ps normal setelah umur 7 hari, Kuat tekan min (kg/cm ²)	15	15	15
3	Kekekalan bentuk	Tidak menunjukkan retak-retak		

Tabel 6. Syarat Mutu Kapur Padam

No	Persyaratan	Kelas I	Kelas II
1	Kehalusan : Sisa maksimum diatas ayakan : max % berat 6,7 mm 4,75 mm 0,85 mm 0,106 mm	 0 0 0 15	 0 5 - -
2	CaO + MgO Aktif (setelah dikoreksi dengan SO ₃) SO Sisa tak larut maks %	 65 6 1	 65 6 3
3	Ketetapan bentuk	tidak retak	tidak retak
4	Kadar air maks (%)	15	15

Kapur mill diperoleh dengan proses mekanik yaitu dengan digiling sehingga menjadi tepung, proses ini tidak merubah susunan dari batu kapur tersebut. Andai kata ada unsur kimia yang lain seperti MgO, SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃, tidak berarti unsur ini berupa senyawa melainkan bersifat parsial dalam bekuan (Pangat,1991).

4. Air

Air merupakan bahan dasar untuk membuat genteng beton. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat supaya mortar atau beton mudah dikerjakan. Air yang dipakai dalam

adukan, harus dapat memenuhi syarat-syarat yang ditentukan, yang kebanyakan tergantung dari pekeijaannya. Demikian untuk plesteran-plesteran yang putih, tidak boleh pakai air yang mengandung bagian campuran, yang dapat memberi suatu warna pada adukan, misalnya besi, yang akan diberikan warna noda-noda warna coklat pada adukan (Sutopo Edi Widjojo, 1977:92).

Air yang baik untuk membuat adukan adalah air bersih atau air yang dapat diminum. Air boleh mengandung unsure lain, asal kadarnya sangat kecil. Air yang tercemar yang digunakan untuk mencampur adukan semen akan mengubah sifat semen yang dihasilkan. Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang bisa disebut dengan faktor air semen (Water cement ratio). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak selesai seluruhnya, sehingga akan berpengaruh terhadap kekuatan.

Menurut PUBI (1982) air yang dimaksudkan disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan beton, pemadaman kapur, adukan pasangan dan adukan plesteran. Persyaratan air menurut PUBI (1982) adalah :

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak atau benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- c. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2g/liter.

- d. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dsb) lebih dari 15g/liter. Kandungan klorida (Cl) tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m. sebagai SO_3 .
- e. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
- f. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakainya.

Sumber-sumber air yang dapat digunakan berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditentukan bisa digunakan. Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida).

5. Serat

Ada bermacam-macam serat yang dapat dipakai untuk pembuatan beton serat dan aplikasinya dalam pembuatan genteng beton serat. Macam-macam jenis serat tersebut adalah (Dwiyono, 2000) :

a. Serat asbestos

Serat asbestos dapat dibagi menjadi 2, yaitu :

- 1) *Crhysotile asbestos* (serat asbestos putih) mempunyai rumus kimia $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan merupakan mineral yang tersedia cukup banyak di alam. Serat ini mempunyai diameter minimum 0,001 m. Ditinjau dari segi

kekuatannya cukup baik, tetapi serat ini jarang tersedia dipasaran umum sehingga menjadikan kurang banyak digunakan sebagai bahan tambah beton.

- 2) *Crocidolite asbestos* mempunyai rumus kimia $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{FeO} \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Serat ini mempunyai kuat tarik yang cukup tinggi sekitar 3500 MPa dan cukup banyak terdapat di Kanada, Afrika Selatan dan Rusia. Hambatan jarang dipakainya serat ini adalah sulit didapatkan disetiap negara sehingga harganya relative mahal, disamping itu beberapa tahun belakangan ini banyak pendapat tentang bahaya serat ini terhadap kesehatan manusia, serat ini dianggap sebagai salah satu penyebab penyakit kanker (karsinogenik).

b. Serat kaca (*glass fiber*)

Serat ini mempunyai kuat tarik yang cukup tinggi, sehingga penambahan serat kaca pada beton akan meningkatkan kuat lentur beton. Tetapi permukaan serat kaca yang licin mengakibatkan daya tekan terhadap bahan ikatnya menjadi lemah dan serat ini kurang tahan terhadap sifat alkali semen sehingga dalam jangka waktu lama serat akan rusak. Disamping itu serat kaca ini jarang sekali ditemukan dipasaran Indonesia sehingga serat ini hampir tidak pernah dipakai untuk campuran beton di Indonesia.

c. Serat baja (*steel fiber*)

Serat baja mempunyai banyak kelebihan, diantaranya : mempunyai kuat tarik dan modulus elastisitas yang cukup tinggi, tidak mengalami perubahan

bentuk akibat pengaruh sifat alkali semen. Penambahan serat baja pada beton akan menaikkan kuat tarik, kuat lentur dan kuat impak beton. Kelemahan serat baja adalah : apabila serat baja tidak terlindung dalam beton akan mudah terjadi karat (korosi), adanya kecenderungan serat baja tidak menyebar secara merata dalam adukan dan serat baja hasil produksi pabrik harganya cukup mahal.

d. Serat karbon

Serat karbon mempunyai beberapa kelebihan yaitu : tahan terhadap lingkungan agresif, stabil pada suhu yang tinggi, tahan terhadap abrasi, relatif kaku dan lebih tahan lama. Tetapi penyebaran serat karbon dalam adukan beton lebih sulit dibandingkan dengan serat jenis lain.

e. Serat *polypropylene*

Serat *polypropylene* dalam kehidupan sehari-hari dikenal sebagai tali rafia. Serat *polypropylene* mempunyai sifat tahan terhadap serangan kimia, permukaannya tidak basah, sehingga mencegah terjadinya penggumpalan serat selama pengadukan. Serat *polypropylene* mempunyai titik leleh 165°C dan mampu digunakan pada suhu lebih dari 100°C untuk jangka waktu pendek.

f. Serat *polyethylene*

Serat *polyethylene* dalam kehidupan sehari-hari dikenal sebagai tali tambang plastik. Serat *polyethylene* ini hampir sama dengan serat *polypropylene* hanya bentuknya berupa serat tunggal.

g. Serat alami

Ada bermacam-macam serat alami antara lain : abaca, sisal, jute, ramie, ijuk, agel, serat serabut kelapa dan lain-lain. Kuat tarik beberapa serat tersebut dapat dilihat pada Tabel 6. dan Tabel 7.

Tabel 7. Kuat Tarik Serat Daun

Serat	Kuat tarik (MPa)
Abaca	427
Sisal	278
Henequin	205
Phormium	230
Cantala	120
Inseivera	286

Tabel 8. Kuat Tarik Serat Batang

Serat	Kuat tarik (MPa)
Flax	340
Jute	218
Hemp	309
Sunn	282
Ramie	292
Kenaf	180
Urena	122
Rosela	187

Sumber : Spence & Cook,1983

Serat agel adalah serat yang diperoleh dari daun pohon "gebang" (*Corypha gebanga* BL), yang termasuk dalam famili tanaman palm atau pahnna. Serat agel termasuk serat alam yang diambil dari daun pohon gebang. Tanaman ini mudah tumbuh terutama didaerah dataran rendah atau pantai. Pembiakan tanaman dilakukan melalui biji. Biji yang telah tua jatuh ketanah kemudian dari biji tersebut tumbuh tanaman agel. Tanaman agel banyak tersebar didaerah Madura (serat ageldi), digunakan untuk pembuatan kerajinan tas dan jaring, daerah Gresik dan Kab. Lamongan (Jawa Timur) bahan ini digunakan untuk bahan pembantu dalam pembuatan kain tenun (tenun ikat dengan ATBM), didaerah Sentolo Kabupaten Kulonprogo untuk "Bagor" (karung) dan di daerah Sulewesi agel digunakan untuk tikar kasar dan bola. Komposisi serat agel diperkirakan hampir sama dengan komposisi serat yang diperoleh dari daun dimana unsur kandungan selulosa

menjadi unsur utama, kemudian hemi-selulosa, pectin, lignin dan zat-zat yang larut dalam air, lemak dan lilin. Kekuatan serat sangat bergantung kepada besarnya orientasi molekul, derajat polimerisasi, daya ikat antar molekul dan adanya friksi pada permulroan.

(<http://katalog.pdii.lipi.go.id/index.php/searchKatalog/byId/53219>)

B. Genteng Beton

Genteng beton atau genteng semen adalah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap yang dibuat dari beton dan dibentuk sedemikian rupa serta berukuran tertentu, dibuat dengan cara mencampur pasir dan semen ditambah dengan air, kemudian diaduk sampai homogen lalu dicetak, selain semen dan pasir, sebagai bahan pembuatan genteng beton dapat juga ditambahkan kapur.

Menurut PUBI 1982 genteng beton adalah unsur bangunan yang dibuat dari campuran bahan-bahan semen Portland, agregat halus, air dan atau tanpa kapur, tras, pigmen, dan bahan pembantu lainnya, yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk atap.

Menurut PUBI 1982 ada dua macam genteng beton sesuai bahan pembentuknya yaitu :

1. Genteng beton biasa yaitu genteng beton yang terbuat dari campuran bahan semen portland, agregat halus, air dan kapur tanpa bahan tambahan lainnya.
2. Genteng beton khusus yaitu genteng beton yang terbuat dari campuran bahan semen portland, agregat halus, air dan kapur ditambah dengan bahan lain yang mungkin berupa bahan kimia, serat ataupun bahan tambah lainnya.

Untuk selanjutnya genteng beton yang terbuat dari campuran bahan semen portland, air, kapur ditambah dengan serat disebut genteng beton serat.

Genteng beton serat merupakan bentuk aplikasi beton serat yang digunakan sebagai bahan pembuat bahan bangunan yang bersifat non structural. Dorongan untuk mengaplikasikan beton serat dalam pembuatan bahan-bahan bangunan yang bersifat non struktural adalah adanya keuntungan yang didapatkan dengan penambahan serat yaitu berupa perbaikan beberapa sifat beton diantaranya kuat tarik, keuletan ketahanan kejut dan kuat lelah.

Pembuatan genteng beton dapat dilakukan dengan dua cara sederhana yaitu secara manual (tanpa pres) dan secara mekanik (dipres). Pembuatan genteng beton secara mekanik tentu saja hasilnya akan lebih baik dibandingkan dengan proses pembuatan genteng beton secara manual.

Menurut SNI 0096: 2007 adalah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap terbuat dari campuran merata antara semen portland atau sejenisnya dengan agregat dan air dengan atau tanpa menggunakan pigmen.

Proses pembuatan genteng beton meliputi :

1. Proses Persiapan dan Penimbangan

Tahap ini meliputi proses persiapan bahan-bahan dan penimbangan bahan-bahan yang akan dipakai dalam pembuatan genteng beton serat, yang meliputi semen, pasir, kapur, air, dan juga serat agel.

2. Pencampuran

Meliputi proses pencampuran bahan-bahan genteng beton akan mendapatkan hasil yang baik apabila dilakukan dalam 2 tahap, yaitu pencampuran bahan

secara kering atau tanpa air, dan pencampuran bahan secara basah dengan air, sebaiknya proses pencampuran tersebut dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (molen). Proses pencampuran bisa juga dilakukan secara manual namun hasilnya lebih jelek karena kurang homogeny apabila dibandingkan dengan menggunakan mesin pengaduk.

3. Pencetakan atau Pengepresan

Proses pencetakan atau pengepresan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan mesin cetak tekan hidrolis dan alat cetak manual. Proses pengepresan atau pencetakan dilakukan dengan menuangkan adukan bahan susun genteng beton serat kedalam cetakan, kemudian permuaannya setelah dipres disipat rata dan adukan akan membentuk genteng beton sesuai dengan cetakannya.

4. Pengeringan

Genteng beton yang telah selesai dicetak , dikeringkan dengan ditempatkan di atas tatakan rak-rak, kemudian diangin-anginkan pada tempat yang terlindung dan terik matahari dan hujan selama 24 jam.

5. Pemeliharaan

Pemeliharaan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara lambat (dengan direndam dalam air selama minimum 14 hari) atau cara cepat (dengan menggunakan uap air panas selama 8 jam).Proses pemeliharaan ini mempunyai maksud supaya semen dalam genteng beton dapat bereaksi secara sempurna.

6. Pengujian

Untuk mengetahui beban lentur genteng beton, porositas genteng beton, rembesan genteng beton dan rambat ternal genteng beton maka genteng beton harus diuji. Pengujian genteng beton dilakukan setelah umur 28 hari sesuai peraturan SNI.

C. Kualitas Genteng Beton

1. Syarat Mutu Genteng Menurut PUBI-1982 adalah :
 - a. Ukuran panjang, lebar dan tebal genteng beton untuk seluruh partai yang diserahkan harus sama dan seragam. Seluruh partai genteng harus dapat tersusun rapi pada rangka atap sehingga tidak memungkinkan masuknya air hujan secara langsung maupun karena tempias.
 - b. Ukuran panjang efektif genteng beton harus sesuai dengan jarak reng dari luar ke luar sehingga akan memberikan beban lentur yang masih dapat diizinkan.
 - c. Tebal genteng tidak boleh kurang dari 8 mm, kecuali pada bagian panumpangan (interlocking) tebalnya tidak kurang dari 6 mm.
 - d. Genteng harus mempunyai kaitan (*lugs*) yang akan berkait pada reng yang lebarnya tidak kurang dari 20 mm dan tinggi tidak kurang dari 12 mm, yang terletak pada permukaan bawah dari genteng. Jika dipandang perlu dapat dilengkapi dengan lubang untuk memakukannya pada kasau-kasau.
 - e. Genteng harus mempunyai penumpangan tepi yang lebarnya tidak kurang dari 25 mm, dan dilengkapi dengan paling sedikit sebuah alur air yang dalamnya tidak kurang dari 5 mm.
 - f. Pandang luar

Genteng harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lainnya yang mempengaruhi sifat pemakaian dan bentuknya harus seragam bagi tiap jenis. Tepi-tepinya tidak boleh mudah direpihkan dengan tangan. Setiap genteng harus diberi tanda atau merk pabrik.

g. Kekuatan lentur

Genteng-genteng mampu menahan beban lentur minimum seperti daftar berikut :

Tabel 9. Syarat Mutu Kuat Lentur Genteng Beton

Tingkat Mutu	Beban lentur rata-rata dari 10 genteng yang diuji, dalam kg	Beban lentur masing-masing dalam kg.
I	150	120
II	80	60

h. Daya serap air

Daya serap air rata-rata dari 10 contoh uji tidak boleh lebih dan 10% berat.

i. Ketahanan terhadap rembesan air (rapat air)

Apabila contoh genteng diuji dengan cara standar maka pada setiap genteng tidak boleh terjadi tetesan air dari bawah bagiannya. Dalam hal genteng menjadi basah tetapi tidak terdapat tetesan air, maka dinyatakan tahan terhadap rembesan air.

2. Syarat Mutu Genteng Menurut SNI 0096: 2007 adalah :

a. Sifat tampak

Genteng harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lainnya mempengaruhi sifat pemakaian.

b. Ukuran

Ukuran bagian genteng beton dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Ukuran Bagian Genteng Beton

Bagian yang diuji	Satuan	Persyaratan
- Tebal : Bagian yang rata Penumpangan	mm mm	Min. 8 Min. 6
- Kaitan : Panjang Lebar Tinggi	mm mm mm	Min. 30 Min. 12 Min. 9
- Penumpangan : Lebar Kedalaman alur Jumlah alur	mm mm mm	Min. 25 Min. 3 Min. 1

c. Kerataan

Kerataan maksimal 3 mm.

d. Beban lentur

Genteng beton harus mampu menahan beban lentur minimal seperti Tabel 11.

Tabel 11. Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal

Tinggi profil (mm)	Genteng Interlok						Genteng Non Interlok
	Profil				Rata		
	t>20		20≥t≥5		t<5		
Lebar penutup (mm)	≥300	≤200	≥300	≤200	≥300	≤200	-
Beban lentur (N)	2000	1400	1400	1000	1200	800	550

1. Mesin uji lentur yang dapat memberikan beban secara taratur dan merata dengan ketelitian 1%.
2. Pisau penumpu dan pisau pembebanan dengan permukaan bulat diameter 10-20 mm.
3. Bantalan karet (*elastomeric pad*) dengan lebar tidak kurang dari 20 mm dan tebal 10 mm ± 5 mm dengan kekerasan 50 ± 10 Shore A (satuan kekerasan keret).
4. Papan penekan terbuat dari kayu yang keras atau besi atau gips yang dicetak

dengan lebar 20 mm ± 1 mm.

e. Penyerapan air

Penyerapan air adalah 10%.

- 1) Genteng dioven dengan temperature kerja 200°C dengan ketelitian 2°C
- 2) Timbang genteng dalam keadaan kering oven, lalu direndam dalam air selama 24 jam.
- 3) Timbang dalam keadaan basah, dan hitung penyerapan air masing-masing genteng.

$$\text{Penyerapan air genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100\%$$

Dimana : W = adalah berat genteng dalam keadaan basah

K = adalah berat genteng dalam keadaan kering

f. Ketahanan terhadap rembesan air (*impermeabilitas*)

Tidak boleh ada tetes air dari permukaan bagian bawah genteng dalam waktu 20 jam ± 5 menit. Air yang dituangkan sebaiknya setinggi 10-15 mm dari permukaan atas benda uji, pengujian dilakukan selama 20 jam ± 5 menit, dalam suhu ruangan berkisar 15°C hingga 30°C dan kelembaban relative 40%.

g. Pengambilan contoh

Contoh yang diambil minimal harus berumur 28 hari, atau yang dinyatakan matang dipabrik. Pengambilan contoh diusahakan agar contoh yang diambil mewakili keadaan seluruh populasi yang sejenis.

h. Syarat penandaan

Pada produk harus dicantumkan nama pabrik atau merk atau logo dagang.

D. Hasil Pengujian Sebelumnya

Genteng beton kurang banyak diminati oleh masyarakat karena harganya yang relatif mahal bila dibandingkan dengan genteng yang biasa dan juga genteng beton memerlukan konstruksi rangka atap yang kuat, oleh karena itu para peneliti mencoba memperbaiki sifat kurang baik genteng beton agar dapat diminati oleh masyarakat, para peneliti mencoba melakukan penelitian dengan menambahkan serat kedalam adukan genteng beton agar genteng beton dapat dicetak menjadi lebih tipis dan lebih ringan dibandingkan dengan genteng beton yang lain, sehingga dapat meringankan konstruksi rangka atap, tetapi tetap mempunyai kekuatan yang sama dengan genteng yang ash sesuai dengan persyaratan SNI dan PUBI.

Roshadan (2000) melakukan penelitian mengenai genteng beton dengan bahan tambah serat serabut kelapa, dengan variasi penambahan serabut kelapa 100, 200, 300, 400, 500 gram dengan panjang @1-2 cm, kadar air 4,153%, dengan berat jenis 0,456 dan berat satuan serabut kelapa 0,2632 gram/cm³, pada perbandingan bahan susun semen portland : kapur : pasir = 1 : 2 : 3. Dan hasil pengujian, kuat lentur genteng yang diuji lebih tinggi, daya rembes genteng beton tiap kelompok menunjukkan bahwa pada semua penambahan serat serabut kelapa tidak mengalami rembes kecuali pada penambahan 500 gram, selain itu pada pandangan luar genteng beton menunjukkan permukaan genteng beton tidak mengalami retak dan tidak mudah repih, serta halus kecuali pada variasi penambahan 400 dan 500 gram permukaan agak kasar.

Warih Pambudi (2005) melakukan penelitian mengenai genteng beton dengan bahan tambah serat ijuk, dengan variasi penambahan serat ijuk 0,5%; 1%; 1,5%; 2%; 2,5% dari berat pasir yang dibutuhkan, panjang serat 1-2 cm, dengan perbandingan 1 semen : 0,997 kapur : 2,990 pasir, dikonversikan kedalam perbandingan berat dengan cara mengalikan perbandingan volume dengan berat satuan semen, kapur dan pasir, kadar air ijuk 5,250%; berat jenis ijuk 0,823; dan berat satuan ijuk 0,210 gram/cm³. Dan hasil pengujian penambahan serat ijuk pada genteng beton menunjukkan kuat lentur yang baik, dan genteng yang dihasilkan lebih ringan dibandingkan genteng beton yang tanpa bahan tambah. Dari hasil pengujian genteng beton tersebut tidak mengalami rembesan.

Wiyadi (1999) melakukan penelitian tentang genteng beton dengan penambahan serat ijuk, dengan variasi penambahan 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dengan panjang serat 1,5-2 cm, kadar air 3,922%, dengan berat jenis 0,834 dan berat satuan ijuk 0,243 gram/cm³, pada perbandingan bahan susun semen portland : pasir = 1 : 2,5. Dari hasil pengujian yang dilakukan genteng beton mempunyai kuat lentur yang baik, tidak rembes, dan permukaannya tidak repih, kecuali pada penambahan genteng agak kasar.

Dwiyono (2000) melakukan penelitian tentang genteng beton dengan bahan tambah serat serabut kelapa, dengan variasi penambahan serat 0,5%; 1%; 1,5%; 2%; dan 2,5% dari volume pasir, panjang serat @ 1-2 cm, kadar air 4,235%, dengan berat jenis 0,453 dan berat serabut kelapa 0,2641 gram/cm³. Dengan perbandingan bahan susun semen portland : kapur : pasir = 1 : 3 : 3. Dari

hasil pengujian genteng menunjukkan kuat lentur yang baik, tidak rembes dan permukaannya halus.

Tabel 12. Karakteristik Genteng Beton Serat menurut Beberapa Peneliti

No	Penelitian (tahun)	Fas	Penambahan Serat	Kuat Lentur (gram/cm ²)	Berat
1	Rosadhan (2000)	0,42	100 gram	144,243	4501
			200 gram	158,705	4440
			300 gram	165,777	4377
			400 gram	138,868	4285
			500 gram	121,474	4141
2	Warih Pambudi (2005)	0,56	0%	62,25	2106
			0,5%	63,75	2094
			1%	67,84	2017
			1,5%	70,43	1930
			2%	73,97	1929
3	Wiyadi (1999)	0,35	2,5%	75,32	1902
			0%	124,850	4936
			1%	124,944	4727
			2%	126,670	4696
			3%	129,724	4625
4	Dwiyono (2000)	0,43	4%	131,442	4563
			5%	127,556	4554
			0%	137,857	4828
			1%	124,803	4723
			0,5%	124,777	4692
			1,5%	114,840	4605
			2%	135,285	4676
			2,5%	144,722	4680

BAB III

KONSEP RANCANGAN PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Pengujian

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta untuk pengujian bahan dan pengujian genteng beton. Proses pencetakan genteng beton dilaksanakan dan bekerjasama dengan pabrik genteng beton "TRI HARTO" yang beralamat di Jalan Wonosari Km.11 Ni.151 Yogyakarta.

B. Populasi dan Sampel

Populasi dari pengujian ini adalah limbah serat agel yang dihasilkan oleh pengrajin kerajinan tangan. Serat agel yang diambil pada pengujian ini menggunakan serat agel yang berasal dari pengrajin kerajinan tangan "Jogjavenesia" yang beralamat di Jalan Raya Jogja-Wates Km.17, Sentolo, Kulonprogo, Yogyakarta.

Sampel dari pengujian ini adalah sebagai serat agel yang dihasilkan oleh pengrajin kerajinan tangan "Jogjavenesia" dengan pengambilan serat secara acak.

C. Data Pengujian

Data yang diambil dalam pengujian ini meliputi data pengujian sifat fisik genteng beton, beban lentur genteng beton, rembesan (*impermeabilitas*), kadar air (*porositas*), penyerapan panas (*isolasi*).

D. Alat dan Bahan-bahan Pengujian

1. Alat yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua golongan alat uji bahan serta alat uji untuk genteng beton itu sendiri, antara lain sebagai berikut :

a. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang digunakan untuk membuat genteng beton, yaitu : semen, pasir, kapur, dan serat agel. Selain untuk menimbang bahan juga digunakan untuk menimbang benda uji genteng beton, timbangan yang digunakan terdiri dari dua macam, yaitu :

1. Timbangan (ohause) dengan ketelitian 0,001 gram



Gambar 1. Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram

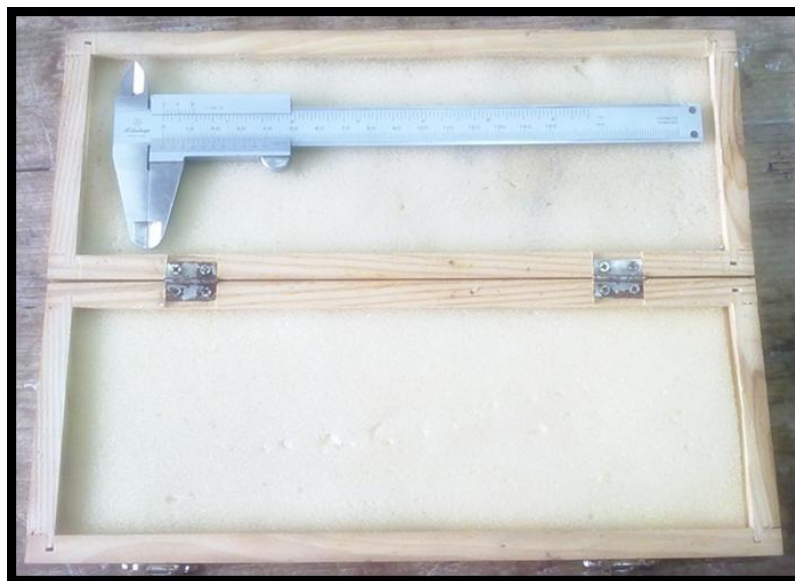
2. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram



Gambar 2. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram

b. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan benda uji genteng beton, ketelitian jangka sorong sampai dengan 0,01 mm.



Gambar 3. Jangka Sarong

c. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur panjang dan lebar genteng beton. Jenis meteran yang digunakan adalah meteran baja dengan ketelitian meteran sampai dengan 1 mm.



Gambar 4. Meteran

d. Oven

Oven digunakan untuk menguji bahan-bahan yang meliputi pengujian berat jenis, kadar air, dari semen, pasir, kapur, dan serat agel. Selain itu juga digunakan untuk menguji genteng beton yang meliputi pengujian porositas.



Gambar 5. Oven

e. Ayakan dan Mesin Penggetar

Ayakan dan mesin penggetar digunakan untuk memeriksa gradasi pasir. Ayakan yang digunakan merk *TATONAS*. Susunan lubang untuk ayakan pasir, berturut-turut adalah : 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 0,60 mm; 0,30 mm dan 0,15 mm serta dilengkapi dengan tutup (lihat Gambar 6).



Gambar 6. Ayakan dan Mesin Penggetar

f. Picnometer

Picnometer digunakan untuk menguji berat jenis serat agel, kapur.



Gambar 7. Pknometer

g. Mistar

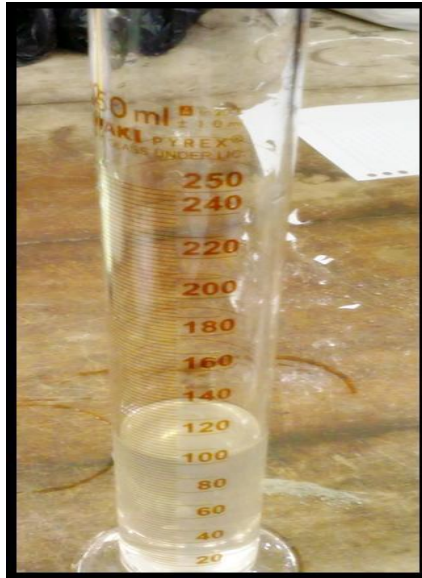
Digunakan untuk mengukur panjang serat yang akan dipotong. Gambar 8.



Gambar 8. Mistar

h. Gelas ukur kaca

Gelas ukur kaca digunakan untuk pengujian berat jenis semen, pasir, dan kapur.



Gambar 9. Gelas Ukur Kaca

i. Gelas Ukur Plastik

Gelas ukur plastik digunakan untuk menguji bobot isi semen, pasir, kapur, dan serat agel.



Gambar 10. Gelas Ukur Plastik

j. Mesin Uji Kuat Lentur

Mesin uji kuat lentur (*Universal Testing Machine For Wood*) digunakan untuk menguji kuat lentur dari genteng beton. Ketelitian dari mesin ini sampai dengan 1 kg dan beban minimal adalah 2 kg, dengan kapasitas 30 ton.



Gambar 11. Mesin Uji Kuat Lentur

k. Papan Penekan

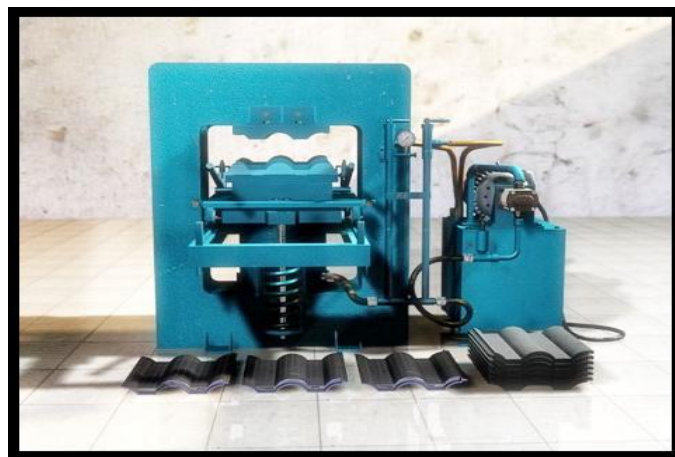
Papan penekan terbuat dari kayu telah dilapisi karet digunakan sebagai penumpu genteng beton.



Gambar 12. Papan Penekan

i. Cetakan Genteng Beton

Cetakan dari plat baja dengan ukuran digunakan dalam pencetakan genteng beton.



Gambar 13. Cetakan Genteng Beton

m. Papan Pengering

Papan tersebut terbuat dari kayu yang tersusun rapi, digunakan untuk pengeringan genteng beton yang telah selesai dicetak.



Gambar 14. Papan Pengering Genteng Beton

n. Cetok

Digunakan untuk mencampur adukan genteng beton.



Gambar 15. Cetok

o. Bak

Digunakan untuk tempat pencampuran genteng beton



Gambar 16. Bak Pengaduk

p. Gunting

Digunakan untuk memotong-motong serat agel.



Gambar 17. Gunting

q. Takaran Adonan

Digunakan untuk menakar adonan yang akan dicetak atau dipres.



Gambar 18. Takaran Adonan

r. Bak Perendam

Bak perendam yang ada dilokasi, terbuat dari konstruksi beton dengan ukuran 3m x 1,5m, dengan kedalaman 1,25m. Bak perendam digunakan untuk

merendam genteng beton yang sudah dikeringkan selama 24 jam, dengan lama perendaman ± 28 hari.



Gambar 19. Bak Perendam

s. Mal

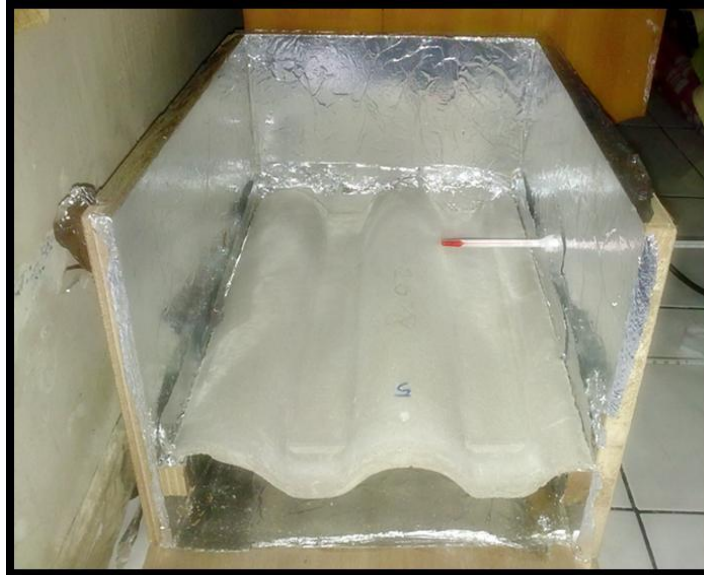
Digunakan untuk pengujian rembesan genteng beton, terbuat dari bahan seng berukuran 20cm x 15cm dengan ketinggian cm.



Gambar 20. Mal Rembesan

t. Kotak kayu

Digunakan untuk pengujian rambatan panas genteng beton, terbuat dari bahan kayu yang didalamnya dilapisi alumunium foil.



Gambar 21. Kotak Kayu

2. Bahan-bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian ini meliputi :

- a. *Pozzoland Portland Cemen* dengan merk Tiga Roda dalam kemasan 40 kg yang butirannya lobos ayakan 0,09 mm.
- b. Kapur mill yang berasal dari batu kapur di daerah Gunung Makmur yang butirannya lolos ayakan 0,09 mm.
- c. Pasir yang digunakan adalah pasir dari Sungai Progo.
- d. Serat agel yang didapat dari pengrajin kerajinan tangan "Jogjavanesia" Jalan Raya Jogja-Wates Km.17, Sentolo, Kulonprogo, Yogyakarta. Serat agel yang digunakan dipotong-potong berukuran $\pm 1-2$ cm.



- e. Air yang digunakan adalah air sumur yang diambil dari pabrik tempat pembuatan genteng beton.

E. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian dalam penelitian ini ditunjukkan dalam diagram di bawah ini :

Bagan Alir Proses Pembuatan Genteng Beton



Bagan 1. Diagram Alir Penelitian

1. Persiapan

Tahap persiapan meliputi penyiapan dan pengujian bahan dan alat yang dibutuhkan dalam penelitian. Pengujian bahan dilakukan di Laboratorium Bahan

Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan FT.UNY. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui layak atau tidaknya bahan-bahan yang akan digunakan. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir, semen, kapur, air dan serat agel.

2. Desain Campuran

Desain pada campuran ini didasarkan pada perbandingan volume, hal ini mengacu pada pembuatan genteng beton yang dibuat oleh pabrik genteng beton Tri Harto. Untuk penelitian ini pembuatan genteng beton diberi bahan tambah serat agel, dengan membuat variasi jumlah serat agel.

Penelitian ini menggunakan tiga variabel yang diteliti yaitu :

a) Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi, yang menjadi sebab perubahan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah serat agel dengan komposisinya.

1. 1 semen : 2 kapur : 2,5 pasir terhadap pengurangan pasir 0%.
2. 1 semen : 2 kapur : 2,5 pasir terhadap pengurangan pasir 2,5%.
3. 1 semen : 2 kapur : 2,5 pasir terhadap pengurangan pasir 5 %.
4. 1 semen : 2 kapur : 2,5 pasir terhadap pengurangan pasir 7,5%.

b) Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi, yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah sifat fisik genteng beton, beban lentur, penyerapan air (porositas) , rembesan air (*impermeabilitas*), dan penyerapan panas.

c) Variabel Pengendali

Variabel pengendali adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh untuk independent terhadap dependent tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Selain variabel bebas dan variabel terikat perlu dilakukan pengendalian terhadap beberapa bahan lain yang dapat mempengaruhi mutu genteng beton yang dihasilkan. Hubungan antar ketiga variabel dapat dilihat dalam bagan berikut :



Bagan 2. Hubungan antar Variabel Desain Penelitian

1. Pengujian Karakteristik Bahan

a) Pemeriksaan Karakteristik Pasir

Pemeriksaan pasir bertujuan untuk mengetahui keadaan fisik pasir yang sebenarnya. Pemeriksaan pasir yang dilakukan sesuai dengan SNI, yang meliputi pemeriksaan kadar air pasir, berat satuan pasir, berat jenis pasir, dan gradasi pasir.

b) Pemeriksaan Karakteristik Kapur

Pemeriksaan kapur bertujuan untuk mengetahui keadaan fisik kapur yang sebenarnya, pemeriksaan kapur yang dilakukan meliputi pemeriksaan kadar air kapur, berat satuan kapur, berat jenis kapur,

c) Pemeriksaan Karakteristik Semen

Pemeriksaan kapur bertujuan untuk mengetahui keadaan semen yang akan digunakan dalam pengujian, pemeriksaan yang dilakukan meliputi pemeriksaan berat satuan semen dan berat jenis semen.

d) Pemeriksaan Karakteristik Serat Agel

Pemeriksaan serat agel bertujuan untuk mengetahui keadaan serat yang akan digunakan dalam pengujian, pemeriksaan serat agel yang dilakukan meliputi pemeriksaan kadar air serat agel, berat satuan serat agel, dan berat jenis serat agel.

e) Perencanaan Kebutuhan Bahan Per Adukan Genteng Beton

Genteng beton hasil produksi pabrik genteng Tri Harto memiliki berat 4,6 kg dengan ketebalan ± 15 mm. Sedangkan tebal genteng beton yang akan dibuat telah ditentukan, yaitu 8 mm. Dalam pembuatan 10 buah genteng beton dengan tebal 15 mm diperlukan 2 wadah takaran semen: 4 wadah takaran kapur: 5 wadah takaran pasir, dimana perbandingan volume 1 wadah takaran = ± 3250 ml. Sedangkan untuk kebutuhan air, ditentukan sampai mortar siap dicetak.

Pembuatan genteng beton ini menggunakan perbandingan volume 1Pc : 2Kp : 2,5Ps dengan penambahan serat 0%; 2,5%; 5%; dan 7,5% dan volume pasir yang digunakan serta pengurangan pasir sesuai dengan persentase serat yang ditambahkan. Perbandingan volume dikalikan dengan berat satuan masing-masing bahan susun, agar diketahui berat masing-masing bahan dalam suatu campuran.

Berat satuan masing-masing bahan susun genteng beton ini adalah sebagai berikut:

- a. Berat satuan semen portland komposit = 1,136 gr/cm³
- b. Berat satuan kapur mill = 1,349 gr/cm³
- c. Berat satuan pasir = 1,465 gr/cm³
- d. Berat satuan serat agel = 0,175 gr/cm³

Perencanaan kebutuhan bahan untuk sekali pengadukan diperhitungkan untuk mendapat 10 buah genteng beton dengan tebal 8 mm. Rencana perbandingan bahan susun genteng beton dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 14. Rencana Perbandingan Bahan Susun Genteng Beton

Uraian	Semen	Kapur	Pasir	Serat
Perbandingan volume	1	2	2,5	-
Perbandingan berat satuan	1,136	1,349	1,465	0,175
Perbandingan volume dengan serat 0%	1	2	2,5	0
Perbandingan volume dengan serat	1	2	2,438	0,063
Perbandingan volume dengan serat 5%	1	2	2,375	0,125
Perbandingan volume dengan serat	1	2	2,313	0,188
Kebutuhan volume satu adukan untuk variasi serat 0% (ml)	3250	6500	8125	-
Kebutuhan volume satu adukan untuk variasi serat 0% (ml)	3250	6500	7921.875	203,125
Kebutuhan volume satu adukan untuk variasi serat 0% (ml)	3250	6500	7718.750	406,25
Kebutuhan volume satu adukan untuk variasi serat 0% (ml)	3250	6500	7515.625	609,375

2. Pembuatan Benda Uji Genteng Beton

Langkah-langkah pembuatan benda uji genteng beton dibagi dalam 4 tahap yaitu sebagai berikut :

- a) Persiapan Bahan Susun Genteng Beton

Persiapan bahan susun genteng meliputi penimbangan semen, kapur, pasir, serat, air sesuai dengan kebutuhan yang telah direncanakan.

b) Tahap Pencampuran dan Pengadukan Bahan Susun Genteng Beton

Bahan susun genteng beton serat (semen, kapur, pasir, dan serat agel) setelah ditimbang kemudian dimasukkan kedalam bak pengaduk dan dicampur dalam keadaan kering dengan menggunakan cetok sampai adukan menjadi homogen, yaitu jika semua bahan sudah tercampur merata. Selanjutnya ditambahkan air sedikit demi sedikit, kemudian diaduk sampai merata sampai homogen. Pengadukan dilakukan dengan cara manual karena pembuatan benda uji dari masing-masing varian hanya ± 10 buah genteng beton.

c) Tahap Pencetakan Bahan Susun Genteng Beton

Adukan yang telah homogen, selanjutnya dituangkan kedalam cetakan genteng beton (ember kecil) sampai penuh yang sebelumnya telah diolesi pelumas, kemudian permukaan bagian atasnya diratakan dengan cetok. Letakkan adukan diatas alat penekan. Lalu ditekan (dipres), setelah itu genteng beton yang sudah jadi diangkat dan diletakkan dipapan pengering genteng. Demikian seterusnya langkah ini dilakukan berulang-ulang hingga jumlah genteng beton mencapai jumlah yang diinginkan untuk diuji.

d) Perawatan Benda Uji Genteng Beton

Setelah proses pencetakan benda uji selesai, benda uji genteng beton yang sudah dicetak, disimpan dalam ruangan yang lembab selama 24 jam. Kemudian benda uji direndam dalam air bersih selama minimal 14 hari, setelah itu genteng

beton diangkat dari tempat perendaman dan diangin-anginkan sampai hari pengujian yaitu hari ke-28.

3. Pengujian Benda Uji Genteng Beton

a) Pengujian Beban Lentur Genteng Beton

Genteng yang sudah berumur 28 hari kemudian diuji beban lenturnya. Alat penguji terdiri dari sebuah alat uji lentur yang dapat memberikan beban secara teratur dan merata. Penumpu dan landasan terbuat dari besi, dibawah penumpu diberi tatakan yang terbuat dari kayu dengan tebal tidak kurang dari 20 mm yang salah satu sisinya dibuat lekukan sesuai dengan bentuk genteng beton. Pembebanan lentur diberikan pada permukaan atas genteng melalui beban yang diletakkan ditengah antara dua plat landasan sampai genteng tersebut patah. Kekuatan lentur dinyatakan sebagai beban lentur dengan satuan kg. Mesin beban lentur yang digunakan adalah "*Universal Testing Machine For Wood*" type TW-325, dengan kapasitas 30 ton.



Gambar 22. Pengujian Beban Lentur

b. Pengujian Rembesan Genteng Beton (*impermeabilitas*)

Genteng yang sudah berumur 28 hari kemudian diuji rembesannya, dengan cara meletakkan bejana pada permukaan genteng, kemudian luarnya diberi

perekat lilin yang sudah dipanaskan supaya rapat air, dibiarkan sebentar sampai lilin mengeras lalu bejana tersebut diisi air setinggi 5 cm dan ditunggu ± 20 jam, setelah 20 jam diamati permukaan bagian bawah genteng terdapat tetesan air atau tidak.



Gambar 23. Pengujian Rembesan (*impermeabilitas*) Genteng Beton

c) Pengujian (porositas) penyerapan air Genteng Beton

Genteng yang sudah berumur 28 hari kemudian diuji dengan cara menimbang benda uji dalam keadaan kering, kemudian dimasukkan dalam air hingga menjadi jenuh (diamkan ± 10 menit sampai tidak ada gelembung udara yang muncul), angkat benda uji dan dilap permukaannya dengan kain, masukkan dalam oven dan diamkan hingga ± 24 jam, timbang kembali benda uji tersebut dalam keadaan kering, dan hitunglah porositasnya.



Gambar 24. Pengujian Penyerapan Air (*porositas*) Genteng Beton.

d) Pengujian Penyerapan Panas Genteng

Pemindahan atau pemaparan panas dapat terjadi melalui tiga cara yaitu : (1) dengan cara konduksi atau hantaran, (2) dengan cara konveksi atau aliran, (3) dengan cara radiasi atau pancaran. Penyerapan panas atau kalor oleh suatu bahan atau benda besarnya akan sama dengan kapasitas panas jenis benda tersebut, yang merupakan jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu tertentu pada benda tersebut. Penyerapan panas oleh suatu bahan harganya berbeda antara yang satu dengan yang lain, yang akan sangat tergantung dari panas jenis bahan tersebut.

Penyerapan panas oleh suatu bahan harganya akan dapat dikurangi, yaitu dengan jalan memodifikasi bentuk permukaan benda tersebut, seperti misalnya dengan cara menghaluskan atau menutupi permukaannya dengan lapisan atau mengecat dengan warna yang lebih muda. Berikut ini diberikan daftar koefisiensi serapan kalor (KSK) akibat pengaruh warna permukaan bahan :

Tabel 15. Daftar Koefisiensi Serapan Kalor

No	Permukaan Bahan	KSK (%)
1.	Dikapur putih baru	10-15
2.	Dicat minyak baru	20-30
3.	Marmer /pualam putih	40-50
4.	Dicat kelabu madya	60-70
5.	Batu bara, beton	70-75
6.	Dicat hitam mengkilat	80-80
7.	Dicat hitam kasar	90-95

Genteng yang sudah berumur 28 hari kemudian diuji, dengan cara genteng dimasukkan dalam kotak kayu yang telah dilapisi alumunium foil, genteng diletakkan ditengah-tengah kotak kayu, kemudian sisi atas dan sisi bawah diberi termometer, sedangkan penutupnya diberi 2 buah lampu masing-masing 60 watt, dan diamati perbedaan suhu yang berada diatas dan dibawah genteng tersebut.



Gambar 25 . Pengujian Penyerapan Panas Genteng Beton.

F. Analisis Data

1. Karakteristik Pasir, Kapur Mill, Semen dan Serat

a. Berat jenis pasir, kapur mill, semen dan serat

Berat jenis pasir atau serat dapat dihitung dengan rumus :

$$\rho_{\text{pasir, kapur mill, semen, serat}} = \frac{W_4}{W_3 + W_0 - W_5}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pasir, kapur, semen, serat}} &= \text{berat jenis pasir / serat} \\ W_0 &= \text{berat pasir / serat jenuh kering muka (gram)} \\ W_3 &= \text{berat piknometer berisi air (gram)} \\ W_5 &= \text{berat piknometer berisi pasir/kapur/semen/} \\ &\quad \text{serat+air (gram)} \\ W_4 &= \text{berat pasir / serat dalam keadaan} \\ &\quad \text{kering tungku (gram)} \end{aligned}$$

b. Berat satuan pasir, kapur mill, semen dan serat

Berat satuan pasir atau serat dapat dihitung dengan rumus :

$$\gamma_{\text{sat pasir, kapur mill, semen, serat}} = \frac{W_2 - W_1}{V}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat pasir, kapur mill, semen, serat}} &= \text{berat satuan pasir atau serat (gram/ cm}^3\text{)} \\ W_1 &= \text{berat piknometer (gram)} \\ W_2 &= \text{berat piknometer berisi pasir atau serat (gram)} \\ V &= \text{volume piknometer (cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

c. Kadar air pasir, kapur mill dan serat

Kadar air pasir atau serat dapat dihitung dengan rumus :

$$W_{\text{pasir, kapur, serat}} = \frac{W_0 - W_4}{W_4} \times 100 \%$$

Dimana,

$$\begin{aligned} W_{\text{pasir, kapur, serat}} &= \text{kadar air pasir atau serat} \\ W_0 &= \text{berat pasir / serat SSD} \\ W_4 &= \text{berat pasir / serat kering tungku (gram)} \end{aligned}$$

2. Karakteristik Genteng Beton

- a. Beban lentur genteng beton Nilai beban lentur genteng beton diperoleh dari beban maksimal yang mampu ditahan oleh genteng beton dan karakteristik genteng beton yang dihitung dengan rumus :

$$F_c = F - 1,64 \times S_d$$

$$\text{dengan : } Sd = \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n - 1}}$$

F_c adalah karakteristik beban lentur, N
 F adalah beban lentur rata-rata, N
 F_i adalah beban lentur masing-masing benda uji, N
 Sd adalah standar deviasi
 n adalah jumlah benda uji

b. Rembesan air (*impermeabilitas*)

Tidak boleh ada tetesan air dari permukaan bagian bawah genteng dalam waktu 20 jam \pm 5 menit.

c. Penyerapan air (porositas)

Penyerapan air genteng beton dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Penyerapan air genteng beton} = \frac{W - K}{K}$$

Dimana,

W = berat genteng dalam keadaan basah (gram)

K = berat genteng dalam keadaan kering (gram)

d. Sifat tampak

Apakah terdapat retak-retak, tidak mulus atau cacat lainnya.

e. Ukuran

Persentase tebal genteng, tebal penumpang genteng, serta panjang, lebar, dan tinggi.

f. Penyerapan panas

Persentase perbedaan suhu . Dihitung dari data yang diperoleh dengan

menggunakan rumus : $\frac{T_2}{T_{2_2}} \times 100\%$

dimana : T_2 = adalah termometer bawah (dengan benda uji)

T_{2_2} = adalah termometer bawah (kosong)

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Bahan

Pengujian bahan yang dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, menghasilkan rangkaian data-data sebagai berikut:

1. Karakteristik Semen *Portland* Komposit

Pemeriksaan karakteristik semen portland komposit yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pemeriksaan berat jenis semen dan berat satuan semen, dari hasil pengujian semen yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut:

a. Berat Jenis

Dari hasil pengujian berat jenis semen yang telah dilakukan diperoleh hasil 3,80 (lihat Lampiran).

b. Berat Satuan

Dari hasil pengujian berat satuan semen yang telah dilakukan diperoleh hasil 1,061 gram/cm³ (lihat Lampiran).

2. Karakteristik Pasir

Pemeriksaan karakteristik pasir yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi : berat jenis, berat satuan, kadar air, dan pemeriksaan gradasi seperti yang diuraikan sebagai berikut:

a. Kadar Air

Dari hasil pemeriksaan kadar air pasir yang telah dilakukan diperoleh kadar air pasir 4,49% (lihat Lampiran).

b. Berat Jenis

Dari hasil pemeriksaan berat jenis pasir yang telah dilakukan diperoleh berat jenis pasir 2,29 (lihat Lampiran). Menurut Tjokrodimuljo (1996) berat jenis pasir dan agregat normal adalah 2,5 sampai 2,7; sehingga pasir yang digunakan dalam penelitian ini juga termasuk sebagai agregat normal.

c. Berat Satuan

Dari hasil pemeriksaan berat satuan pasir yang telah dilakukan diperoleh berat satuan pasir 1,383 gr/cm³ (lihat Lampiran). Menurut Tjokrodimuljo (1996) berat satuan pasir agregat normal adalah 1,2 sampai 1,6 gam/cm³. Karena berat satuan pasir yang diperoleh 1,383 gram/cm³ maka pasir yang digunakan dapat digolongkan sebagai agregat normal.

d. Gradasi Pasir

Dari hasil pemeriksaan distribusi ukuran butir (gradasi pasir), diperoleh nilai modulus halus butir (mhb) pasir sekitar 2,8277 (lihat Lampiran) . Nilai mhb ini memenuhi persyaratan pasir sebagai agregat halus yaitu antara 1,50 sampai 3,80. Menurut British Standard, tingkat kekasaran pasir ini termasuk dalam kelompok daerah II atau pasir agak kasar.

3. Karakteristik Kapur Mill

Pemeriksaan karakteristik kapur mill yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: pemeriksaan berat jenis, berat satuan, dan kadar air, yang diuraikan sebagai berikut:

a. Berat Jenis

Dari hasil pemeriksaan berat jenis kapur yang dilakukan, diperoleh berat jenis kapur 1,79 (lihat Lampiran).

b. Berat Satuan

Dari hasil pemeriksaan berat satuan kapur yang telah dilakukan, diperoleh berat satuan kapur 1,273 gram/cm³ (lihat Lampiran).

c. Kadar Air

Dari hasil pemeriksaan kadar air kapur yang telah dilakukan, diperoleh kadar air 3,90 % (lihat Lampiran).

4. Karakteristik Serat Agel

Pemeriksaan karakteristik serat agel yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi : pemeriksaan berat jenis, berat satuan, dan kadar air, seperti yang diuraikan sebagai berikut ini :

a. Berat Jenis Serat Agel

Dari hasil pemeriksaan berat jenis serat agel yang telah dilakukan, diperoleh berat jenis 1,04 (lihat Lampiran).

b. Berat Satuan Serat Agel

Dari hasil pemeriksaan berat satuan serat agel yang telah dilakukan, diperoleh berat satuan 0,212 garm/cm³ (lihat Lampiran).

c. Kadar Air Serat Agel

Dari hasil pemeriksaan kadar air serat agel yang telah dilakukan, diperoleh kadar air yaitu 6,95 % (lihat Lampiran).

5. Karakteristik Genteng Beton

Pemeriksaan karakteristik genteng beton yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pemeriksaan sifat tampak genteng beton, ukuran, beban lentur, penyerapan air (*porositas*), rembesan (*impermeabilitas*), dan penyerapan panas, seperti yang diuraikan sebagai berikut :

a. Pengujian Sifat Tampak Genteng Beton

Dari pengamatan semua genteng beton dengan bahan tambah serat agel yang telah dibuat, permukaan atasnya mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lain yang mempengaruhi sifat pemakaian dan juga siku.

b. Pengujian Ukuran Genteng Beton

Tabel 16. Pengujian Ukuran Genteng Beton

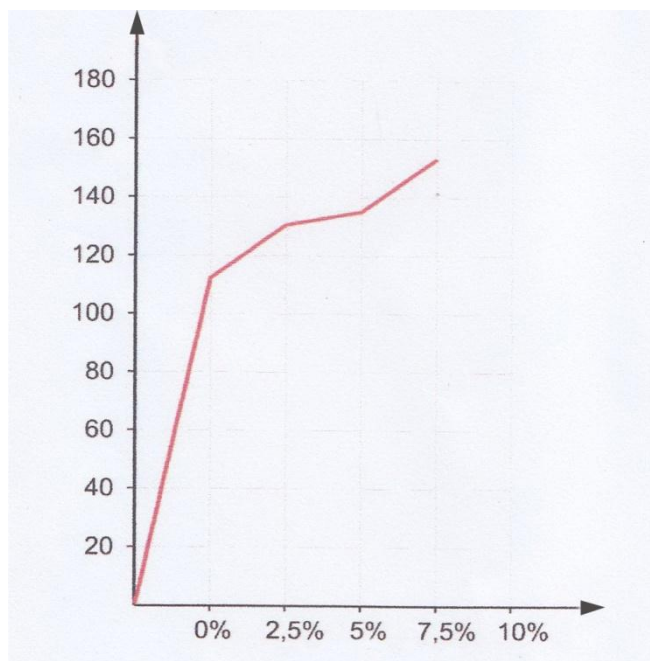
Bagian yang Diuji	Satuan
Tebal :	
Bagian yang rata	9 mm
Penumpang	8 mm
Kaitan :	
Panjang	45 mm
Lebar	12 mm
Tinggi	10 mm
Penumpang :	
Lebar	80 mm
Kedalaman alur	3 mm
Jumlah alur	1
Panjang genteng Lebar genteng	39 mm 29 mm

c. Pengujian Beban Lentur Genteng Beton

Pengujian beban lentur benda uji genteng beton dilakukan pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah untuk masing-masing variabel penambahan serat agel yaitu 0%, 2,5 %, 5 %, dan 7,5%. Data hasil pengujian genteng beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 17. Hasil Pengujian Beban Lentur Genteng Beton

No	Presentasi Penambahan Serat	Beban Lentur (Kg)	Beban Lentur Rata-rata
1	0%	120 kg	116,66 kg
		120 kg	
		110 kg	
2	2,5%	140 kg	130 kg
		130 kg	
		120 kg	
3	5%	130 kg	136,67 kg
		140 kg	
		140 kg	
4	7,5%	140 kg	153,3 kg
		160 kg	
		160 kg	



Persentase penambahan serat

Grafik 1. Grafik Rata-rata Beban Lentur Genteng Beton

Hasil pengujian beban lentur genteng beton memperlihatkan bahwa semakin besar presentase penambahan serat agel, semakin besar beban lentur genteng beton yang dihasilkan.

Genteng beton tanpa bahan tambah serat agel beban lentur rata- ratanya 116,66 kg. Pada penambahan serat agel 2,5 % beban lentur rata-ratanya 130 kg. Pada penambahan serat agel 5% beban lentur rata-ratanya 136,67 kg. Pada penambahan serat agel 7,5 % beban lentur rata-ratanya 153,30 kg.

Hal ini menunjukkan bahwa genteng beton yang dibuat dengan bahan tambah serat agel akan menghasilkan beban lentur yang tinggi dibandingkan dengan genteng beton tanpa bahan tambah serat. Dari hasil beban lentur yang diperoleh genteng beton ini memenuhi persyaratan PUBI, 1982 dalam golongan mutu I yang harus mampu menahan beban lentur sebesar 150 kg.

Perhitungan karakteristik genteng beton sesuai dengan SNI menggunakan rumus :

$$F_c = F - 1,64 \times S_d$$

dengan : $S_d = \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n - 1}}$

F_c adalah karakteristik beban lentur, N
 F adalah beban lentur rata-rata, N
 F_i adalah beban lentur masing-masing benda uji, N
 S_d adalah standar deviasi
 n adalah jumlah benda uji

Rumus ini berlaku jika sampel yang digunakan minimal 10 benda uji, jika sampel yang digunakan kurang dari 10 maka rumus yang digunakan adalah :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n}}$$

- 1) Pengujian beban lentur untuk variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir 0%, pada variasi ini dilakukan tiga kali pengujian untuk mengetahui kualitas genteng beton ditinjau dari karakteristik beban lentur. Hasil pengujian

variasi ini sebagai berikut :

Variasi serat 0%	Beban lentur (F_i), N	Beban Lentur rata-rata (F), N
A ₁	1200	1166,67
A ₂	1200	
A ₃	1100	

Tabel 18. Hasil Uji Lentur untuk Variasi Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir 0%

Karakteristik beban lentur (F_c)

$$\begin{aligned}
 S_d &= \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{(1200 - 1166,67)^2 + (1200 - 1166,67)^2 + (1100 - 1166,67)^2}{3}} \\
 &= 47,14 \text{ N} \\
 F_c &= F - 1,64 \times S_d \\
 &= 1166,67 - 1,64 \times 47,14 \\
 &= 1089,36 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jadi karakteristik beban lentur genteng beton dengan variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir sebanyak 0% adalah 1089,36 N.

- 2) Pengujian lentur untuk variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir 2,5%, pada variasi ini dilakukan tiga kali pengujian untuk mengetahui kualitas genteng beton ditinjau dari karakteristik beban lentur. Hasil pengujian variasi ini sebagai berikut :

Variasi serat 2,5%	Beban lentur (F_i), N	Beban Lentur rata-rata (F), N
--------------------	---------------------------	-----------------------------------

Tabel 19. Hasil Uji Lentur untuk Variasi Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir 2,5%

B ₁	1400	1300
B ₂	1300	
B ₃	1300	

Karakteristik beban lentur (F_c)

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{(1400 - 1300)^2 + (1300 - 1300)^2 + (1200 - 1300)^2}{3}}$$

$$= 81,65 \text{ N}$$

$$F_c = F - 1,64 \times S_d$$

$$= 1300 - 1,64 \times 81,65$$

$$= 1166,1 \text{ N}$$

Jadi karakteristik beban lentur genteng beton dengan variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir sebanyak 2,5% adalah 1166,1 N.

- 3) Pengujian lentur untuk variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir 5%, pada variasi ini dilakukan tiga kali pengujian untuk mengetahui kualitas genteng beton ditinjau dari karakteristik beban lentur. Hasil pengujian variasi ini sebagai berikut :

Variasi serat 5%	Beban lentur (F_i), N	Beban Lentur rata-rata (F), N
C ₁	1300	1366,67
C ₂	1400	
C ₃	1400	

Tabel 20. Hasil Uji Lentur untuk Variasi Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir 5%

Karakteristik beban lentur (F_c)

$$\begin{aligned}
 Sd &= \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{(1300 - 1366,67)^2 + (1400 - 1366,67)^2 + (1400 - 1366,67)^2}{3}} \\
 &= 47,14 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$F_c = F - 1,64 \times Sd$$

$$= 1366,67 - 1,64 \times 47,14$$

$$= 1289,36 \text{ N}$$

Jadi karakteristik beban lentur genteng beton dengan variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir sebanyak 5% adalah 1289,36 N.

- 4) Pengujian beban lentur untuk variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir 7,5%, pada variasi ini dilakukan tiga kali pengujian untuk mengetahui kualitas genteng beton ditinjau dari karakteristik beban lentur. Hasil pengujian variasi ini sebagai berikut :

Variasi serat 7,5%	Beban lentur (F_i), N	Beban Lentur rata-rata (F), N
A ₁	1400	1533,33
A ₂	1600	
A ₃	1600	

Tabel 21. Hasil Uji Lentur untuk Variasi Penambahan Serat Agel dan Pengurangan Pasir 7,5%

Karakteristik beban lentur (F_c)

$$\begin{aligned}
 Sd &= \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{(1400 - 1533,33)^2 + (1600 - 1533,33)^2 + (1600 - 1533,33)^2}{3}}
 \end{aligned}$$

$$= 94,28 \text{ N}$$

$$F_c = F - 1,64 \times S_d$$

$$= 1533,33 - 1,64 \times 94,28$$

$$= 1378,71 \text{ N}$$

Jadi karakteristik beban lentur genteng beton dengan variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir sebanyak 7,5% adalah 1378,71 N.

d. Pengujian Penyerapan Air (porositas) Genteng Beton

Pengujian porositas dilakukan setelah genteng berumur 28 hari, pengujian dilakukan 3 buah tipe variabel penambahan serat. Dan pengujian yang dilakukan dapat diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\text{Pengujian Porositas Genteng Beton} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

Dimana :

W = Berat genteng basah

K = Berat genteng kering oven

Tabel 22. Rata-rata *Porositas* Genteng Beton

Campuran	Presentase	Genteng ke	Benda Uji	W	K	Porositas	Rata-rata
1 : 2 : 2,5	0 %	1.	A1	395	364	8,51%	7,85%
		2.	A2	468	435	7,58%	
		3.	A3	674	627	7,49%	
	2, 5%	1.	31	447	422	5,92%	6,30%
		2.	B2	460	439	4,78%	
		3.	B3	476	440	8,18%	
	5%	1.	C1	383	350	9,43%	8,98%
		2.	C2	448	411	9%	
		3.	C3	496	457	8,53%	
	7,5 %	1.	D1	601	547	9,87%	8,95%
		2.	D2	671	619	8,40%	
		3.	D3	380	350	8,57%	

d. Pengujian Rembesan (*impermeabilitas*) Genteng Beton

Pengujian rembesan genteng beton dilakukan setelah genteng berumur 28 hari, pengujian dilakukan selama 24 jam, hasil dari pengujian yang dilakukan dari semua variabel genteng beton tidak menunjukkan adanya rembesan. Hasil pengujian ini menunjukkan genteng beton tersebut sudah sesuai dengan syarat mutu SNI 0096 : 2007.

e. Pengujian Penyerapan Panas Genteng Beton

Pengujian ini dilakukan setelah genteng berumur 28 hari, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil dari penyerapan panas genteng beton, apakah genteng beton yang dihasilkan menimbulkan panas ruang didalamnya ataukah tidak basil dari pengujian penyerapan panas yang dilakukan dapat dilihat pada tabel berikut:

Dimana :

T1 = Termometer 1 (Termometer atas)

T2 = Termometer 2 (Termometer bawah)

Pengujian Pengendalian Absorpsi Panas

Tabel 23. Pengujian Pengendalian Absorpsi Panas

No	Termometer	Penunjukan Suhu(°C)					
		0'	5'	10'	15'	20'	25'
1	T1 ₁	28	49	54	57	63	64
	T2 ₂	28	34	49	51	54	57
2	T1 ₁	28	54	57	63	65	65
	T2 ₂	28	51	54	55	57	57
3	T1 ₁	28	54	63	63	64	65
	T2 ₂	28	49	54	54	57	57

Tabel 24. Pengujian Penyerapan Panas

No	Termometer	Presentase	Pengujian	Penujukan Suhu						Absorbsi Panas	Rata-rata (%)
				0'	5'	10'	15'	20'	25'	$\frac{T_2}{T_1} \times 100\%$	
1.	T1 T2	0% serat	1.	29	56	64	69	73	75	73,68 %	73,68
				29	33	36	38	39	42		
	T1 T2		2.	29	55	65	67	74	76	75,44 %	
				29	31	34	35	39	43		
	T1 T2		3.	29	57	65	66	72	74	71,93 %	
				29	34	35	38	39	41		
2.	T1 T2	2,5% serat	1.	29	49	51	54	57	59	66,67 %	70,17
				29	30	31	35	37	38		
	T1 T2		2.	29	52	55	60	72	74	71,93 %	
				29	31	35	40	41	41		
	T1 T2		3.	29	50	63	73	73	74	71,93 %	
				29	32	34	39	41	41		
3.	T1 T2	5% serat	1.	29	52	53	57	61	62	70,18 %	76,70
				29	30	33	36	38	40		
	T1 T2		2.	29	53	65	67	72	74	70,18 %	
				29	30	34	35	39	40		
	T1 T2		3.	29	58	67	66	72	74	71, 93%	
				29	34	37	38	39	41		
4.	T1 T2	7,5% serat	1.	29	55	64	69	73	77	73,68 %	77,53
				29	31	34	38	40	42		
	T1 T2		2.	29	57	59	61	63	65	70,17 %	
				29	30	32	34	36	40		
	T1 T2		3.	29	55	60	61	66	69	71,93 %	
				29	31	33	36	38	41		

B. Pembahasan

Pengujian ini dilakukan dua macam yaitu genteng beton dengan bahan tambah serat agel dan genteng beton tanpa bahan tambah serat agel. Hasil dari masing-masing pengujian penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Sifat Tampak Genteng Beton

Dari hasil pengujian sifat tampak, tidak terdapat perbedaan antar sifat tampak genteng beton biasa dengan genteng beton yang menggunakan bahan

tambah serat agel, sifat tampaknya sama dan telah memenuhi persyaratan SNI dan PUBI. Dalam pengadukan yang dilakukan secara manual seharusnya hasilnya kurang homogen tetapi karena pengadukan dilakukan dengan baik, sehingga diupayakan sampai mendekati homogen maka hasilnya juga hampir sama dengan genteng yang diaduk dengan molen/pengaduk. Variasi penambahan serat agel terbukti member pengaruh terhadap sifat tampak, yaitu dapat mengurangi retak rambut, namun jika jumlah serat terlalu banyak bisa menyebabkan permukaanya tidak mulus, karena serat akan tampak menonjol di permukaan genteng, terlebih jika homogenitas dalam proses pengadukannya tidak terjamin.

2. Pengujian Ukuran Genteng Beton

Hasil pemeriksaan ukuran secara acak menunjukkan bahwa genteng beton terdapat ukuran yang kurang dari bata minimum yang disyaratkan, yaitu pada bagian lebar kaitan. Dari hasil pengujian ukuran genteng beton, ukuran antara genteng beton biasa dengan genteng beton yang menggunakan bahan tambah serat agel hanya selisih ± 1 mm, dan semua ukurannya rata-rata hampir seragam, hanya saja ketebalnya berbeda, karena dalam proses pengepresan dibuat dengan tekanan besar supaya genteng beton yang dihasilkan memiliki ketebalan minimal. Lebar kaitan genteng beton seharusnya tidak kurang dari 12 mm, namun pada pengujian menunjukkan bahwa genteng beton yang dihasilkan memiliki ukuran rata-rata lebar kaitan 11,52 mm dengan selisih maksimum 0,5 mm terhadap lebar kaitan yang disyaratkan. Dalam hal ini, penambahan serat tidak memiliki pengaruh yang berarti, karena ukuran bergantung pada cetakan genteng beton yang digunakan.

Ditinjau dari ukuran, genteng beton tidak memenuhi syarat mutu tercantum dalam SNI 0096 2007, dimana lebar kaitan yang diperkenankan adalah 12mm.

3. Pengujian Beban Lentur Genteng Beton

Dari hasil pengujian beban lentur genteng beton dengan bahan tambah serat agel, menunjukkan semakin banyak serat agel yang ditambahkan ke dalam adukan genteng beton, maka beban lentur yang dihasilkan semakin besar, hasil pengujian menunjukkan penambahan serat ke dalam adukan genteng beton dapat meningkatkan beban lentur, dan genteng ini masuk ke dalam syarat mutu PUBI, yaitu mutu I, dengan beban lentur masing-masing antara 120 kg. Tetapi sesuai dengan persyaratan SNI, beban lentur genteng beton dengan serat agel tidak memenuhi persyaratan, yaitu untuk genteng beton dengan tinggi profil >20 mm dan lebar penutup ≥ 300 mm harus memiliki karakteristik beban lentur minimum 2000 N. Hal ini dapat juga dipengaruhi oleh proses pembuatan dan perawatan genteng beton, dalam pengujian ini proses pembuatan sudah sesuai dengan persyaratan namun pengadukannya masih manual tetapi tingkat homogenitasnya tetap dijaga. Untuk perawatannya genteng beton sudah sesuai dengan persyaratan, dalam hal ini komposisi dari penambahan serat agel dan pengurangan pasir juga berpengaruh karena semakin banyak lagi penambahannya maka kualitasnya akan kurang baik dan beban lenturnya akan berkurang.

4. Pengujian Penyerapan Air (*porositas*) Genteng Beton

Dari hasil pengujian kadar air genteng beton dengan bahan tambah serat agel, menunjukkan semakin banyak serat agel yang ditambahkan ke dalam adukan genteng beton maka hasilnya akan lebih besar, ini menunjukkan bahwa semakin

banyak serat yang ditambahkan, semakin banyak daya resap airnya karena serat agel bersifat menyerap air dan semakin banyak serat agel yang ditambahkan maka pori-pori ataupun retak rambut juga semakin banyak.

5. Pengujian Rembesan (*impermeabilitas*) Genteng Beton

Dan hasil pengujian rembesan genteng beton dengan bahan tambah serat agel, pada tiga buah genteng yang telah diuji tidak terdapat tetesan air pada semua genteng, begitu juga dengan genteng beton biasa, genteng beton ini termasuk genteng beton yang berkualitas karena walaupun genteng beton ini lebih tipis dibandingkan dengan genteng beton biasa, namun tidak rembes karena tidak terdapat retak rambut pada genteng beton dengan serat agel.

6. Pengujian Penyerapan Panas Genteng Beton

Dari hasil pengujian penyerapan panas genteng beton yang telah diuji, belum memenuhi persyaratan pengujian fisika bahan bangunan yaitu apabila koefisiensi serapan kalornya antara 70-75%, hasil pengujian genteng beton tanpa bahan tambah serat rata-rata penyerapan panas sebesar 73,68% sudah memenuhi syarat, genteng beton dengan variasi penambahan serat dan pengurangan pasir 2,5% rata-rata penyerapan panas sebesar 70,17% sudah memenuhi syarat, genteng beton dengan variasi penambahan serat dan pengurangan pasir 5% rata-rata penyerapan panas sebesar 76,70% tidak memenuhi syarat, genteng beton dengan variasi penambahan serat dan pengurangan pasir 7,5% rata-rata penyerapan panas sebesar 77,53% tidak memenuhi syarat. Semakin banyak serat yang ditambahkan maka penyerapan panasnya juga semakin besar, hal tersebut bisa disebabkan karena pada proses pencampuran karena pada proses pencampuran dalam

pembuatan genteng beton tidak memiliki homogenitas yang baik dan juga disebabkan penyimpangan dalam proses pengujian absorbs panas, baik dari alat ujinya maupun dari pengujiannya. Namun meskipun demikian, dapat dilihat pada variasi serat yang lainnya sebagai perbandingan. Dari keempat variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir, genteng beton dengan variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir 2,5% bisa menjadikan ruangan dibawahnya lebih sejuk dari pada genteng beton dengan variasi penambahan serat agel dan pengurangan pasir 0%, 5%, 7,5%. Pada umumnya penyerapan panas beton adalah 70 – 75%, namun dengan penambahan serat agel ternyata kurang dapat mengurangi penyerapan panas.

BAB V

KESIMPULAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian tersebut didapatkan dua hasil penelitian. Penelitian yang pertama genteng beton tanpa bahan tambah serat agel dan genteng beton dengan tambah serat agel, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Genteng beton dengan bahan tambah serat agel dapat menghasilkan kualitas genteng beton baik, ditinjau dari sifat tampak luar genteng telah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 0096: 2007.
2. Genteng beton dengan bahan tambah serat agel dapat menghasilkan kualitas genteng beton baik, ditinjau dari penyimpanan ukuran genteng beton telah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 0096: 2007.
3. Genteng beton dengan bahan tambah serat agel dapat menghasilkan kualitas genteng yang baik, ditinjau dari kerataan.
4. Genteng beton dengan bahan tambah serat agel dapat menghasilkan kualitas genteng beton yang kurang baik, ditinjau dari beban lentur yang dihasilkan masih dibawah standar persyaratan SNI, yaitu untuk genteng beton dengan tinggi profil >20 mm dan lebar penutup ≥ 300 mm harus memiliki karakteristik beban lentur minimum 2000 N.
5. Genteng beton dengan bahan tambah serat agel dapat menghasilkan kualitas genteng beton baik, ditinjau dari kadar air (*porositas*) yang dihasilkan masih dibawah standar SNI 096: 2007 yaitu tidak lebih dari 10%.

6. Genteng beton dengan bahan tambah serat agel dapat menghasilkan kualitas genteng beton baik, ditinjau dari rembesan (*impermeabilitas*) masih memenuhi standar SNI 0096: 2007 yaitu terjadi tetesan atau rembesan dibawah genteng.
7. Genteng beton dengan bahan tambah serat agel dapat menghasilkan kualitas genteng beton baik, ditinjau dari penyerapan panas (*isolasi*) kurang memenuhi standar pengujian fisika bahan bangunan yaitu tidak lebih dari 75°C.
8. Genteng beton dengan bahan tambah serat agel dapat menghasilkan kualitas genteng beton lebih baik dibandingkan dengan genteng beton tanpa bahan tambah serat.

B. Saran

1. Untuk pengujian selanjutnya sebaiknya dicoba menggunakan persentase serat agel yang lebih tinggi atau bervariasi tetapi komposisi campurannya tetap supaya diketahui peningkatan beban lentur yang maksimal akibat penambahan serat agel dan pengurangan pasir.
2. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan persentase penambahan serat agel yang sama tetapi perbandingan bahan susunnya (semen : kapur mill : pasir) berbeda.
3. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut tentang tingkat ekonomis, keawetan dan sifat-genteng beton yang lain (sifat tampak, ukuran, beban lentur, *porositas, impermeabilitas, dan isolasi*) dengan penambahan serat agel.
4. Perlu dilakukan pengujian tentang kekuatan dari serat agel, supaya diketahui

pengaruh penambahan serat agel dan pengurangan pasir dalam pembuatan genteng beton serat.

C. Keterbatasan Pengujian

Pengujian yang dilakukan masih terdapat banyak kekurangan, dengan keterbatasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Pencampuran adukan dalam penelitian ini dilakukan secara manual sehingga pencampuran homogenitas campurannya tidak maksimal, sebaiknya dilakukan menggunakan molen supaya hasil pengadukan lebih baik.
2. Alat yang digunakan untuk pengujian, beberapa diantaranya memiliki validasi yang kurang maksimal.
3. Jumlah air yang digunakan untuk campuran tidak dikendalikan/diukur, hanya berpatokan sampai kondisi campuran siap untuk dicetak sehingga tidak dilakukan penentuan factor air semen (fas).
4. Tidak dilakukan uji urai kimia bahan serat agel di Laboratorium kimia.
5. Jumlah sampel relatif sedikit sehingga menyebabkan keterbatasan akurasi data.

DAFTAR PUSTAKA

- DPU. (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan (PUBI-1982)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan P.U, Bandung.
- DPU. (2000). *Tata Cara Pembuatan Genteng semen Cetak Tangan*. Bandung.
- Dwiyono. (2000). *Perbedaan Mutu Genteng Beton yang Dihasilkan Dengan Penambahan Serat Sabut Kelapa dan Pengurangan Pasir Sesuai Prosentase Serat yang Ditambahkan*. Yogyakarta: Skripsi, Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta (UNY).
- Kusumawardaningsih, Y. (2003). *Pengaruh Tekanan Saat Proses Pencetakan Terhadap Karakteristik Mortar dari Agregat Ringan*. Yogyakarta: Tesis. Jurusan Ilmu-ilmu Teknik. Program Pasca Sarjana. Universitas Gajah Mada (UGM)
- Pangat. (1991). *Perbedaan Kuat Desak Mortar dengan Bahan Pengikat Kapur Mill di Kodya Yogyakarta dan Sekitarnya*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan (IMP) Yogyakarta.
- Rosadhan, Y. (2000). *Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa dan Serbuk Sampah Terhadap Kuat Lentur dan Daya Serap Air*. Yogyakarta: Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Gajah Mada (UGM).
- SNI 0096. (2007). *Genteng Beton*. Jakarta.
- Sukarman. (2008). *Penggunaan Serat Ampas Tebu Sebagai Bahan Pembuatan Eternit*. Yogyakarta.
- Sumarjito dkk. (1992). *Survei Mutu Kapur di Daerah Yogyakarta dan Sekitarnya. Laporan Penelitian Yogyakarta IKIP YOGYAKARTA*. Yogyakarta; Lembaga Penelitian.
- Suharyanto. (2008). *Pengaruh Penambahan Pemutih Terhadap Kekuatan Serat Agel*.
 Dari(<http://jurnal.dikti.go.id/jurnal/proses?q=pengarang%3ASuharyanto+&tmp=&btnG=Telusuri>)
- Tjokrodinuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.
- Tjokrodinuljo, K. (1998). *Pengetahuan Dasar Beton Sebagai Bahan Bangunan Alternatif, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Beton dan Aplikasi Software Untuk Perancangan Bangunan Sipil*. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik. Universitas Gajah Mada (UGM).
- Warih Pambudi. (2005). *Pengaruh Penambahan Serat Ijuk dan Pengurangan Pasir Terhadap Beban Lentur dan Berat Jenis Genteng Beton*. Universitas Negeri Semarang (UNNES).
- Wiyadi. (1999). *Pengaruh Penambahan Serat Ijuk terhadap Mutu Genteng Beton*. Semarang: Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang (UNNES).

Wuryati Sumekto dan Candra R. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.